



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A ELEKTRONIKY

DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING

NÁVRH ELEKTROČÁSTI ZAŘÍZENÍ NA MÁČENÍ A SUŠENÍ JADER PRO TVORBU ODLITKŮ

PROPOSAL OF ELECTRICAL EQUIPMENT FOR SOAKING AND DRYING CORES FOR MAKING CASTINGS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jiří Čermák

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. František Veselka, CSc.

BRNO 2017

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor **Silnoproudá elektrotechnika a výkonová elektronika**

Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky

Student: Bc. Jiří Čermák

ID: 146802

Ročník: 2

Akademický rok: 2016/17

NÁZEV TÉMATU:

Návrh elektročásti zařízení na máčení a sušení jader pro tvorbu odlitků

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Proveďte podrobný návrh celého zařízení
2. Při práci na zařízení provádějte registraci změn oproti navrženému projektu, zaznamenejte změny do dokumentace skutečného provedení
3. Proveďte orientační ekonomické zhodnocení projektovaného zařízení

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] DVOŘÁK, M. a kol.: Technologie tváření, plošné a objemové tváření, Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno, ISBN – 80 – 214 - 2340 –4
- [2] DVOŘÁK, M. a kol.: Technologie II, Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno, ISBN – 80 – 214 - 2032 –4
- [3] Navazující ČSN

Termín zadání: 6.2.2017

Termín odevzdání: 24.5.2017

Vedoucí práce: doc. Ing. František Veselka, CSc.

Konzultant:

doc. Ing. Ondřej Vitek, Ph.D.
předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Abstrakt

Tato diplomová práce řeší návrh zařízení na máčení a sušení jader pro tvorbu odlitků ve slévárně ve Velké Británii. Je zde ucelený náhled na systém technických norem ČSN a srovnání s britským systémem norem British standards. Ve druhé části práce je řešen podrobný návrh zařízení, včetně specifikace řídicího systému, specifikace jednotlivých napájecích a řídicích kabelů a jednotlivých technologických celků. Celá projektová dokumentace je přiložena jako neoddělitelná příloha této diplomové práce.

Klíčová slova

Projektová dokumentace; projektant; slévárna; jádro; máčení; sušení; výrobní linka; řídicí systém; technická norma; standart; ČSN; ČSN EN; strojní zařízení; rozvaděč; elektrický přístroj; měření a regulace; MaR; ASŘ; čidla; kabelizace; SICHR; CYKY; jištění; elektrický stroj; dimenzování.

Abstract

This diploma thesis deals with proposal of electrical equipment for soaking and drying cores for making castings at foundry in a Great Britain. It brings look at system of technical norms ČSN and it compares it with british system of technical norms British standards. The second part of this thesis contains detailed proposal of this equipment, including specification of control system, specification of power supply cables and control cables and particular technological units. The whole project documentation is enclosed as an inseparable attachment of this diploma thesis.

Keywords

Project documentation; draftsman; foundry; core; soaking; drying; production line; control system; technical norm; standards; ČSN; ČSN EN; machinery; switchboard; electrical appliance; measurement and regulation; MaR; ASŘ; sensor; cabling; SICHR; CYKY; protection; electrical machine; dimensioning.

Bibliografická citace

ČERMÁK, J. Návrh elektročásti zařízení na máčení a sušení jader pro tvorbu odlitků. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2017. 82 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. František Veselka, CSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou závěrečnou práci na téma Návrh elektročásti zařízení na máčení a sušení jader pro tvorbu odlitků jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a jsou uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne

Podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu mé diplomové práce doc. Ing. Františku Veselkovi, CSc. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování diplomové práce. Děkuji panu Mgr. Jiřímu Klocovi za odborné konzultace při vyhotovení této diplomové práce a za provedení místního šetření ve slévárně EURAC Hradec Králové. Děkuji panu Ing. Vojtěchu Bednářovi za řadu doporučení při vyhotovení této diplomové práce.

V Brně dne

Podpis autora

OBSAH

1 ÚVOD	10
2 ZPRACOVÁNÍ KOVŮ	11
2.1 LITÍ KOVŮ – VÝROBA OCELI.....	11
2.2 TYPY TAVÍCÍCH PECÍ	12
2.2.1 VYSOKÁ TAVÍCÍ PEC	12
2.2.2 ELEKTRICKÉ PECE.....	12
3 AUTOMATIZOVANÁ LINKA NA MÁČENÍ A SUŠENÍ JADER.....	13
3.1 SPECIFIKACE PROJEKTU A JEHO VYTVÁŘENÍ	13
3.1.1 FÁZE TVORBY PROJEKTU	13
3.1.2 STUPNĚ PROJEKTOVÉ DOKUMENTACE	14
3.2 VYHLÁŠKA ČÍSLO 50/1978Sb.....	14
3.3 TECHNICKÉ NORMY – STANDART	17
3.3.1 DĚLENÍ TECHNICKÝCH NOREM	19
3.3.2 NORMY POUŽITÉ PŘI VYPRACOVÁNÍ TÉTO DIPLOMOVÉ PRÁCE	20
3.3.3 ČESKÝ A BRITSKÝ STANDART	20
4 DISTRIBUCE EL. ENERGIE V TECHNICKÉM PROVOZU	21
4.1 DIMENZOVÁNÍ VEDENÍ PODLE PŘÍPUSTNÉHO OTEPLENÍ	21
4.1.1 OTEPLOVACÍ CHARAKTERISTIKA VODIČE.....	22
4.2 DIMENZOVÁNÍ VEDENÍ S OHLEDEM NA MECHANICKÉ NAMÁHÁNÍ VEDENÍ	23
4.3 DIMENZOVÁNÍ VEDENÍ S OHLEDEM NA ÚČINKY ZKRATOVÝCH PROUDŮ	23
4.4 DIMENZOVÁNÍ VEDENÍ PODLE MAXIMÁLNÍHO DOVOLENÉHO ÚBYTKU NAPĚTÍ.....	23
4.5 DIMENZOVÁNÍ VEDENÍ S OHLEDEM NA SPRÁVNOU FUNKCI OCHRANY PŘED ÚRAZEM ELEKTRICKÝM PROUDEM.....	24
4.6 DIMENZOVÁNÍ VEDENÍ S OHLEDEM NA HOSPODÁRNOST	24
4.7 JIŠTĚNÍ ELEKTRICKÉHO VEDENÍ	24
4.7.1 OCHRANA ZAŘÍZENÍ PŘED NADPROUDY	25
4.7.2 SELEKTIVITA JIŠTĚNÍ	25
4.7.3 OCHRANA SAMOČINNÝM ODPOJENÍM OD ZDROJE	26
5 VYUŽITÍ VÝPOČETNÍ TECHNIKY PŘI NÁVRHU.....	26
5.1 APLIKACE SICHR.....	27
5.2 PRAKTICKÁ APLIKACE PROGRAMU	27
5.2.1 ZOBRAZENÍ CELKOVÉHO SCHÉMATU	27
5.2.2 ZOBRAZENÍ SCHÉMATU PAPRSKU	28
5.2.3 ZOBRAZENÍ PŘEHLEDU PARAMETRŮ A VÝPOČTŮ	30
6 AUTOMATIZOVANÁ LINKA NA MÁČENÍ A SUŠENÍ JADER.....	31
6.1 NÁVRH CHODU LINKY	31
6.2 TECHNICKÝ POPIS.....	33
6.2.1 POUŽITÉ PROJEKČNÍ ZNAČENÍ.....	34
6.3 SOUPIS JEDNOTLIVÝCH ZAŘÍZENÍ LINKY	35

6.4 NÁHLED DO PROJEKTOVÉ DOKUMENTACE	40
6.4.1 VÝKRESY	40
6.4.2 KABELY POUŽITÉ V PROJEKTU.....	58
6.4.3 ŘÍDICÍ SYSTÉM – PLC	61
6.5 NÁVRH ZAŘÍZENÍ	66
6.5.1 ENERGETICKÁ BILANCE	66
6.5.2 NÁVRH SILOVÝCH VÝVODŮ A OVĚŘENÍ JEJICH SPRÁVNOSTI.....	67
6.6 ROZVADĚČE	69
6.6.1 ROZVADĚČ RM.....	69
6.6.2 ROZVADĚČ DT.....	70
6.6.3 ROZVADĚČ MS1	70
6.6.4 ROZVADĚČ MS4	70
6.7 ZHODNOCENÍ ZAŘÍZENÍ.....	71
7 ZÁVĚR.....	77
LITERATURA	78
SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK.....	80
SEZNAM PŘÍLOH	82

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1: Pohled na indukční pec ve slévárně v Hradci Králové před vylitím vsázky do pánve – pánev v popředí fotografie. Foto použito se svolením firmy Intesys BRNO s.r.o. a EURAC Hradec s.r.o., autor Bc. Jiří Čermák.....</i>	<i>11</i>
<i>Obr. 2: Pohled na elektromagnet se vsázkou do indukční pece ve slévárně v Hradci Králové. Foto použito se svolením firmy Intesys BRNO s.r.o. a EURAC Hradec s.r.o., autor Bc. Jiří Čermák</i>	<i>12</i>
<i>Obr. 3: Oteplovací charakteristika vodiče, převzato z [17].....</i>	<i>23</i>
<i>Obr. 4: Znázornění správně dimenzovaných vypínacích charakteristik EZ a JP, převzato z [16] 25</i>	
<i>Obr. 5: Znázornění správně dimenzovaných jisticích prvků zajišťujících selektivitu, převzato z [16].....</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 6: Schéma obvodu s poruchou – zkrat pro demonstraci ochrany samočinným odpojením od zdroje, převzato z [16].....</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 7: Úvodní formulář programu SICHR.....</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 8:SICHR celkové schéma – rozdíl v zobrazení přehledově anebo detailně, převzato z [18] 28</i>	
<i>Obr. 9: Schéma paprsku v režimu charakteristiky</i>	<i>29</i>
<i>Obr. 10: Náhled na tabulku s případnými chybovými hláškami při zobrazení parametrů a výpočtů, zde případ bezchybného výpočtu</i>	<i>30</i>
<i>Obr. 11: Pohled na hotové výrobky ve slévárně v Hradci Králové. Foto použito se svolením firmy Intesys BRNO s.r.o. a EURAC Hradec s.r.o., autor Bc. Jiří Čermák</i>	<i>31</i>
<i>Obr. 12: Návrh blokového schématu linky na máčení a sušení jader.....</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 13: Pohled na robota se třemi jádry v úchopu při umísťování jader na paletu na vstupu pece. Foto použito se svolením firmy Intesys BRNO s.r.o. a EURAC Hradec s.r.o., autor Bc. Jiří Čermák.....</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 14: Pohled na natřené a nenatřené jádro pro tvorbu odlitků. Foto použito se svolením firmy Intesys BRNO s.r.o. a EURAC Hradec s.r.o., autor Bc. Jiří Čermák</i>	<i>34</i>
<i>Obr. 15: Příklad tří silových vývodů. První vývod pro oběhový ventilátor (typ kabelu CYKY), druhý vývod s frekvenčním měničem (typ kabelu YCY-JZ) a třetí vývod pro topné těleso (typ kabelu SIHF)</i>	<i>58</i>
<i>Obr. 16: Blokové schéma řídicího systému a komunikace celé automatizované linky</i>	<i>61</i>
<i>Obr. 17: Sestava řídicího systému podle konfigurace firmy Allen Bradley</i>	<i>62</i>
<i>Obr. 18: Celkové schéma navrženého zařízení v programu SICHR</i>	<i>68</i>
<i>Obr. 19: Návrh rozmístění přístrojů v silovém rozvaděči RM</i>	<i>69</i>
<i>Obr. 20: Návrh rozmístění přístrojů v řídicím rozvaděči DT.....</i>	<i>70</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1: Požadovaná délka praxe pro kvalifikaci dle §6, převzato z [8]</i>	<i>15</i>
<i>Tabulka 2: Požadovaná délka praxe pro kvalifikaci dle §7, převzato z [8]</i>	<i>15</i>
<i>Tabulka 3: Požadovaná délka praxe pro kvalifikaci dle §8, převzato z [8]</i>	<i>16</i>
<i>Tabulka 4: Požadovaná délka praxe pro kvalifikaci dle §9, převzato z [8]</i>	<i>16</i>
<i>Tabulka 5: Seznam vybraných tříd norem, převzato z [14]</i>	<i>19</i>
<i>Tabulka 6: Označení vodičů dle způsobu uložení, převzato z [16]</i>	<i>22</i>
<i>Tabulka 7: Dovolené proudové zatížení měděných vodičů pro 30 °C na vzduchu a 20 °C v zemi, převzato z [16].....</i>	<i>22</i>
<i>Tabulka 8: Doby odpojení vedení s poruchou v sítích s uzemněným uzlem, převzato z [16]</i>	<i>24</i>
<i>Tabulka 9: Výpis použitých kabelů připojených do rozvaděče RM.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabulka 10: Sestava řídicího systému</i>	<i>61</i>
<i>Tabulka 11: Databáze povelů automatizované linky na máčení a sušení jader</i>	<i>62</i>
<i>Tabulka 12: Energetická bilance automatizované linky</i>	<i>66</i>
<i>Tabulka 13: Rozpočet celého projektu, včetně podružného montážního materiálu.....</i>	<i>72</i>

1 ÚVOD

Technologie lití patří mezi tzv. klasické technologie. Roztavený kov se vlévá do forem, které jsou po zatuhnutí kovu odstraněny. Hotový odlitek se pak zpracovává ručně, případně na obráběcích strojích. Při výrobě složitějších odlitků se používají kromě forem také lisovaná jádra ze slévárenského písku. Jádra jsou po zatuhnutí odlitku odstraněna společně s formou a ztvrdlý odlitek má uvnitř prostor vyplněný vzduchem. Tvar tohoto prostoru odpovídá tvaru použitého jádra. Lité kovy se hojně využívají například při stavbě magnetických obvodů elektrických strojů. Technologie lití je tedy stále aktuální a ve strojírenské praxi hojně využívána.

V této diplomové práci je věnována pozornost návrhu a popisu linky na máčení a sušení jader pro tvorbu složitějších odlitků ve slévárně ve Velké Británii. Slévárna vyrábí brzdové kotouče. Při tvorbě těchto odlitků se využívají právě zmíněná jádra, která musejí být natřena kvůli zajištění hladšího povrchu vnitřního prostoru odlitku po zatuhnutí. Diplomová práce má za cíl vytvořit úplnou projektovou dokumentaci k této automatizované lince na máčení a sušení lisovaných jader.

V teoretické části je kapitola věnovaná jednotlivým stupňům kvalifikace pracovníků v elektrotechnice. Práce vychází ze systému technických norem ČSN a uvádí nejdůležitější z těchto norem. Následuje porovnání systému norem v České republice a ve Velké Británii. Jsou zde popsány zásady dimenzování vedení a jeho jistění s využitím výpočtového programu SICHR od firmy OEZ s.r.o. Tento program slouží k ověření správného návrhu vedení a jeho jistění.

V další praktické části diplomové práce je řešen podrobný návrh této automatizované linky se zaměřením na vybrané uzly celého technologického zařízení. Slovně je popsán princip funkce automatizované linky a je zavedeno a objasněno projekční značení užívané v projektové dokumentaci.

Následuje návrh a ověření návrhu jednotlivých silových vývodů ze silového rozvaděče. Ověření je zpracováno ve výpočtovém programu SICHR.

Součástí práce tvoří i zpracované výkresy elektrických schémat, pohledy na jednotlivé rozvaděče, výkresy znázorňující umístění zařízení a výkresy znázorňující kabelové trasy. Všechny výkresy jsou zpracovány v programu PCSchematic. Výkresy jsou součástí této diplomové práce jako samostatná příloha. Součástí přílohy jsou také technická zpráva, výpisy signálů a povelů, kabelová listina, výpis materiálu, soupis prací a ekonomické zhodnocení projektované elektročásti.

2 ZPRACOVÁNÍ KOVŮ

Kovy mohou být jako materiál zpracovány válcováním, stříháním, slinováním, tvářením, litím a některými dalšími technologiemi [1]. Při válcování je materiál protlačován mezi dvěma válci, mezi nimiž se neustále zmenšuje mezera. Vyrábějí se tak například plechy. Při stříhání jsou plechy a tyče stříhány na lisech nebo na hydraulických nůžkách. Metodou slinování se stlačují pod vysokým tlakem za vysoké teploty nadrcené prášky kovů. Jedním z velmi významných pracovních postupů je technologie lití kovů. Ve slévárnách se ve vysokých pecích při vysokých teplotách taví kovy, které se potom vlévají do forem. Tyto formy jsou po zatvrdnutí a vychladnutí kovů odstraněny. Vychladlý odlitek se pak zpracovává na obráběcích strojích [2].

2.1 Lití kovů – výroba oceli

Lití kovů se využívá při výrobě výrobků z oceli a jiných barevných kovů. Formy bývají ze speciálního slévarenského písku. Surovinou pro tavení kovů jsou železné rudy. Litím se vyrábějí tzv. litiny. Mezi nejvýznamnější litiny patří ocel. Je to výrobek vzniklý roztavením železa s přidáním uhlíku a dalších prvků. V závislosti na množství přidávaných látek, jako je uhlík, mangan, nikl, chrom nebo vanad se mění mechanické vlastnosti oceli. V současné době je známo více než 2500 druhů oceli [3].



Obr. 1: Pohled na indukční pec ve slévárně v Hradci Králové před vylitím vsázky do pánve – pánve v popředí fotografie. Foto použito se svolením firmy Intesys BRNO s.r.o. a EURAC Hradec s.r.o., autor Bc. Jiří Čermák

2.2 Typy tavících pecí

2.2.1 Vysoká tavící pec

Vysoká pec je zařízení sloužící k výrobě železa z železných rud. Železné rudy jsou ve vysokých pecích taveny při vysokých teplotách. Může to být více než 1 000 °C, podle taveného materiálu. Jedná se o poměrně složité technologické zařízení vysoké několik desítek metrů. Jeho hlavní částí je šachta, do které se vkládá vsázka (tavený materiál), vzduchové přehříváče a příváděcí potrubí, dmychadla, nístěj (spodní část pece) a další technologické celky [4].

Palivem ve vysokých pecích bývá koks – upravené čisté černé uhlí. K přehřívání vzduchu se může použít zemní plyn nebo topné oleje. Vedlejším produktem tavení železa je struska, která na sebe váže nečistoty z taveniny. Struska se při vypouštění z pece odpichovým otvorem odděluje od železa na základě rozdílných hustot materiálů. Struska slouží jako ochrana železa před oxidací a má další využití [5]. Vysoké pece jsou v provozu běžně až deset let, protože v případě zatuhnutí vsázky uvnitř pece je pec nenávratně zničena. Po uplynutí doby provozu se pec odstaví a provádí se opravy a rekonstrukce pece.

2.2.2 Elektrické pece

Velkou roli při tavení materiálů hrají elektrické obloukové pece. Při ohřevu v obloukové peci elektrický proud prochází přímo taveným materiálem. Na tomto taveném materiálu se vytváří elektrický oblouk, který materiál ohřívá. Teplota zde může dosahovat až 1 800°C. Obloukové pece bývají kvůli rovnoměrnému zatížení distribuční soustavy výhradně v třífázovém provedení. Dnes se více než 30 % světové výroby oceli vyrábí tavením v obloukových pecích. Vsázka v takové peci může být tvořena kovovým šrotem i ze 100 % [6].



Obr. 2: Pohled na elektromagnet se vsázkou do indukční pece ve slévárně v Hradci Králové. Foto použito se svolením firmy Intesys BRNO s.r.o. a EURAC Hradec s.r.o., autor Bc. Jiří Čermák

Dalším typem elektrické pece je indukční tavicí pec, ve které se materiál ohřívá průchodem indukovaných vířivých proudů v materiálu. Při tavení menšího množství materiálu se používá vyšší frekvence proudů v cívce, při tavení větších předmětů se používá síťová frekvence 50 Hz.

3 AUTOMATIZOVANÁ LINKA NA MÁČENÍ A SUŠENÍ JADER

Obsahem této diplomové práce je zpracování dokumentace k návrhu zařízení na máčení a sušení jader pro tvorbu odlitků podle platných technických norem. Jde tedy o vytvoření projektové dokumentace k automatizované lince.

3.1 Specifikace projektu a jeho vytváření

Projekt lze obecně chápat jako plán činnosti vykonané v budoucnu, tato činnost musí směřovat ke konečnému cíli (hotovému produktu). Projektovou dokumentaci k projektu vytváří projektant nebo skupina projektantů. Projektant je pracovník mající požadované vzdělání, který úspěšně složil zkoušku dle vyhlášky číslo 50/1978Sb. §10. Každý projektant by měl při tvorbě projektové dokumentace vycházet ze zásad platných technických norem ČSN a z platných právních předpisů.

3.1.1 Fáze tvorby projektu

Průběh přípravy projektu a následná realizace projektu byly rozčleněny na několik fází. Jedná se o tyto fáze:

Fáze přípravná

Jedná se o myšlenku na realizaci projektu a o jednoznačné rozhodnutí investora, že daný projekt bude realizován. Obsahem této fáze by měla být tzv. přípravná dokumentace. Na tuto přípravu je vázáno rozhodnutí o budoucí realizaci projektu. Do toho lze zařadit provádění místních šetření, jednání a často také územní řízení.

Fáze souborného řešení projektu

V tomto stupni jde o období mezi rozhodnutím o realizaci projektu až po uzavření konkrétních smluv mezi objednatelem a zhotovitelem díla. Obsahem tohoto stupně projektu je vytvoření dokumentace souborného řešení projektu. Zde se řeší stavební povolení.

Fáze zpracování realizační dokumentace

Tato fáze navazuje na fázi předchozí, v jejím průběhu je zpracována tzv. realizační dokumentace. Na tu velice často úzce navazuje přímá realizace projektu. Může to být například detailní dokumentace k rozvaděčům obsahující výkresy elektrických schémat, umístění rozvaděčů, zakreslené kabelové trasy a podobně.

Fáze realizace projektu

Po předání realizační dokumentace zhotoviteli se provádí vyhotovení smluvně ošetřeného díla (mezi objednatelem a zhotovitelem). Tato fáze je ukončena kolaudačním řízením. Často na ni navazuje další fáze zkoušení a dokončení všech drobnějších závazků zhotovitele.

3.1.2 Stupně projektové dokumentace

V rámci jednotlivých fází projektu se vypracovává několik stupňů projektové dokumentace. Na začátku se vypracovává tzv. „Záměr projektu“, pokračuje se přípravnou dokumentací, projektem, realizačním projektem a končí se dokumentací skutečného provedení stavby.

Dokumentace skutečného provedení stavby, zkráceně DSPS, je vyžadována revizním technikem a je podmínkou pro vystavení výchozí revizní zprávy pro elektrická zařízení podle normy ČSN 33 2000-6 pro instalace nebo dle normy ČSN 33 1500 pro ostatní elektrická zařízení i ochranu před bleskem. Dokumentace ve stupni DSPS a revizní zpráva slouží jako podklady pro kolaudační řízení.

Většina investorů ve snaze ušetřit na projektu odmítá zpracování dokumentace DSPS, razí myšlenku, že je dostačující zaznačit provedené změny rukou do již existující dokumentace v předchozím stupni. Takovýto postup je však nevhodný vzhledem ke klesající přehlednosti dokumentace. Je tedy vhodné dokumentaci ve stupni DSPS nechat vyhotovit projektantem [7].

3.2 Vyhláška číslo 50/1978Sb.

Český úřad bezpečnosti práce vydal ve spolupráci s Českým báňským úřadem v roce 1978 vyhlášku číslo 50. Tato vyhláška stanovuje v §1 stupně odborné způsobilosti pracovníků provádějících obsluhu, údržbu, revize a řídicí činnost elektrických zařízení formou jednotlivých paragrafů. Vyhláška rovněž definuje pracovníky projektující tato elektrická zařízení. Dle §2 musejí být všichni výše zmínění pracovníci tělesně i duševně způsobilí k těmto úkonům a musejí splňovat požadavky stanovené touto vyhláškou. Za elektrické zařízení se podle této vyhlášky považuje každé zařízení, u kterého může dojít k ohrožení života, zdraví nebo majetku v důsledku úrazu elektrickým proudem [8].

§3 pracovník seznámený

Seznámení pracovníci jsou seznámeni s předpisy o zacházení s elektrickými zařízeními v rámci organizace, ve které vykonávají činnost a jsou upozorněni na možná ohrožení těmito zařízeními. Seznámení těchto pracovníků provádí za organizaci pracovník pověřený s odpovídající kvalifikací [8].

§4 pracovník poučený

Poučení pracovníci jsou takoví, kteří jsou seznámeni s předpisy o činnosti na elektrických zařízeních, jsou zaškoleni v této činnosti a jsou upozorněni na možná ohrožení těmito zařízeními. Tito pracovníci jsou seznámeni s pravidly poskytování první pomoci v případě úrazu elektrickým proudem [8].

§5 pracovník znalý

Znalí pracovníci jsou takoví pracovníci, kteří mají podle odstavce jedna tohoto paragrafu ukončené odborné vzdělání a mají složenou zkoušku v rozsahu stanoveném v §14 této vyhlášky. Podle odstavce dva tohoto paragrafu zaškolení a zkoušku zajišťuje organizace, u které jsou tito pracovníci zaměstnáni, je sepsán zápis, který je školeným i školícím pracovníkem podepsán [8].

§6 pracovník pro samostatnou činnost

Pracovníci pro samostatnou činnost jsou chápáni jako pracovníci znalí s vyšším stupněm kvalifikace. Tito pracovníci musejí splňovat požadavky uvedené v prvním odstavci předchozího

paragrafu (§5 pracovník znalý), musejí mít uznanou praxi v délce aspoň dle tabulky 1 a více a musejí prokázat úspěšným složením zkoušky znalosti pro samostatnou činnost.

Tabulka 1: Požadovaná délka praxe pro kvalifikaci dle §6, převzato z [8]

Činnost	Vzdělání	Praxe
na elektrických zařízeních do 1000 V	vyučení, SO, ÚSO, VŠ	1 rok
na elektrických zařízeních nad 1000 V	vyučení, SO, ÚSO, VŠ	2 roky
na hromosvodech	zaškolení	6 měsíců
	vyučení, SO, ÚSO, VŠ	3 měsíce

§7 pracovník pro řídicí činnost

Stejně jako v předchozím paragrafu jsou pracovníci s kvalifikací podle §7 chápáni jako pracovníci znalí s vyšší kvalifikací. Musejí splňovat požadavky uvedené v prvním odstavci §5, musejí mít uznanou praxi v délce aspoň dle tab. 1 a více a musejí prokázat úspěšným složením zkoušky znalosti pro samostatnou činnost.

Zkoušku, stejně jako povinné přezkoušení aspoň jednou za tři roky, zajišťuje zaměstnancům zaměstnavatel. Zkoušení nebo přezkoušení zajišťuje tříčlenná zkušební komise, ve které aspoň jeden člen musí mít kvalifikaci dle §7, §8 nebo §9. Komise pořizuje o této zkoušce zápis, který musí být podepsán všemi členy a zkoušejícím. Termín a místo vykonání zkoušky musí být nahlášené na příslušném orgánu dozoru IBP (inspektorát bezpečnosti práce).

Na získání tohoto kvalifikačního stupně jsou tedy stejné požadavky jako na předchozí stupeň dle §6. Rozdíl je pouze v délce minimální uznané praxe dle tab. 1 a v náročnější zkoušce zaměřené na schopnost řízení skupiny pracovníků [8].

Tabulka 2: Požadovaná délka praxe pro kvalifikaci dle §7, převzato z [8]

Činnost	Vzdělání	Praxe
na elektrických zařízeních do 1000 V	vyučení	2 roky
	SO, ÚSO, VŠ	1 rok
na elektrických zařízeních nad 1000 V	vyučení	3 roky
	SO, ÚSO, VŠ	2 roky
na hromosvodech	zaškolení	1 rok
	vyučení, SO, ÚSO, VŠ	6 měsíců

§8 pracovník pro řízení činnosti prováděné dodavatelským způsobem a pracovníci pro řízení provozu

Pracovníci s tímto stupněm kvalifikace musejí, obdobně jako v předchozích stupních, splňovat požadavky uvedené v prvním odstavci §5, musejí mít uznanou praxi v délce aspoň dle tab. 1 a více a musejí prokázat úspěšným složením zkoušky znalosti pro samostatnou činnost.

Tento stupeň kvalifikace je z hlediska prováděné činnosti na elektrických zařízeních nejvyšší a definuje dva typy pracovníků

- pracovníci pro řízení činnosti prováděné dodavatelským způsobem – vztahuje se na právní subjekty (firmy, živnostníky) provádějící činnost na elektrických zařízeních za účelem dosažení zisku. Může se jednat o elektromontáže, opravy a servis elektrických zařízení, zřizování přípojek a další činnosti

- pracovníci pro řízení provozu – v tomto případě jde o pracovníky, kteří v rámci právního subjektu provádějí činnost na zařízení, které jsou v jeho majetku. Jedná se především o údržbu a opravy.

Tabulka 3: Požadovaná délka praxe pro kvalifikaci dle §8, převzato z [8]

Činnost	Vzdělání	Praxe
na elektrických zařízeních do 1000 V	vyučení, SO	6 let
	ÚSO	4 roky
	VŠ	2 roky
na elektrických zařízeních nad 1000 V	vyučení, SO	7 let
	ÚSO	5 let
	VŠ	3 roky
na hromosvodech	vyučení	2 roky
	SO, ÚSO, VŠ	6 měsíců

§9 pracovníci pro provádění revizí

Pracovníci s tímto stupněm kvalifikace jsou chápáni jako pracovníci znalí s vyšším stupněm kvalifikace. Musejí mít praxi minimálně podle tab. 1 a musejí složit zkoušku před Integrovanou technickou inspekci ITI. Provádění zkoušek a přezkušování se řídí předpisy vydanými příslušným orgánem dozoru.

Z výše napsaného odstavce vyplývá, že na kvalifikaci pro vykonávání revizní činnosti nejsou kladeny stejné požadavky, jako na dříve zmíněné kvalifikace. Znamená to tedy, že revizní technik může provádět měření a zkoušení na elektrickém zařízení, ale nemůže do měřeného elektrického zařízení nijak zasahovat. Kromě kvalifikace dle §9 by tedy revizní technik měl mít i některý předchozí stupeň kvalifikace, minimálně však kvalifikaci dle §6 [8].

Tabulka 4: Požadovaná délka praxe pro kvalifikaci dle §9, převzato z [8]

Činnost		Vzdělání	Praxe		
na elektrických zařízeních	strojů, přístrojů a rozvaděčů	vyučení, SO ÚSO VŠ	v objektech třídy		
			A	B	C
			4	7	-
	do 1000 V včetně hromosvodů	vyučení, SO ÚSO VŠ	3	5	5
			2	3	3
			7	9	-
	bez omezení napětí včetně hromosvodů	vyučení, SO ÚSO VŠ	5	7	7
			3	5	5
			8	9	-
	na hromosvodech	vyučení, SO ÚSO, VŠ	6	7	7
			4	5	5
	na hromosvodech	vyučení, SO ÚSO, VŠ	3	5	5
			1	2	2

§10 pracovníci pro samostatné projektování a pracovníci pro řízení projektování

Projektující pracovníci jsou takoví, kteří mají odborné vzdělání a praxi podle zvláštních předpisů a mají složenou zkoušku ze znalostí předpisů vedoucích k zajištění bezpečnosti práce a technických zařízení a ze znalostí předpisů zabývajících se projektováním.

Zkoušku je povinen zajistit zaměstnavatel, který je dále povinen minimálně jednou za tři roky zajistit přezkoušení samostatně projektujících pracovníků i pracovníků pro řízení projektování.

V původním znění vyhlášky číslo 50 z roku 1978 byly přesně stanoveny potřebné roky praxe pro získání kvalifikace dle §10. Tato vyhláška byla postupem let zcela zrušena. Požadavky na počet let praxe se tak v rámci České republiky liší. Pracovníci státních odborných dozorů však nejčastěji požadují, aby měl uchazeč o §10 pro samostatné projektování aspoň 3 roky praxe jako absolvent VŠ a 5 let praxe jako absolvent ÚSO. Uchazeč o §10 pro řízení projektování by měl mít 3 roky praxe jako absolvent VŠ [7].

3.3 Technické normy – standart

Technické normy, jinak řečeno standart, jsou vyjádřením požadavků na výrobky tak, aby tyto výrobky, výrobní procesy nebo poskytované služby byly za dodržených podmínek vhodné a uplatnitelné ke svému účelu. Stanovují požadavky na kvalitu, bezpečnost, ochranu zdraví, zaměnitelnost. Svým způsobem usnadňují pohyb zboží na mezinárodním trhu díky zajišťování zaměnitelnosti.

Technické normy v ČR vydává a stávající normy upravuje úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (UNMZ). Snahou UNMZ je ochrana spotřebitelů. Technické normy v současné době nejsou závazné, mají pouze charakter kvalifikovaného doporučení. Jejich používání tedy není např. při projektování povinné, avšak dodržení požadavků norem je vysoce žádoucí. Jednotlivé druhy norem se liší podle účelu použití – normy základní, zkušební, bezpečnostní, normy postupů výroby a podobně [9].

Pro oblast technické normalizace se využívá zákon číslo 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky v platném znění a na něj navazující nařízení vlády. České normy byly až do roku 2008 tvořeny podle plánu českého normalizačního institutu [10]. Normy jsou veřejně dostupné dokumenty, které jsou v současné době zpoplatněny. Přístup pro jednotlivce nebo pro malé firmy je vhodný například přes ČSN online. Zde má jednotlivec nebo menší firma s jedním uživatelem po registraci a zaplacení poplatku přístup ke všem zpoplatněným normám [11].

Technické normy mají různá značení. České národní technické normy mají označení ČSN. Další státy mohou mít značení národních norem např. DIN, BS, NF, PN, STN, ANSI a další (viz seznam zkratk) [12]. Tyto národní české technické normy se uplatňují tam, kde nejsou evropské nebo mezinárodní normy. Národní normy tvoří asi 10 % z celkové roční produkce technických norem UNMZ v ČR [13].

Vedle českých národních norem (ČSN) existují i evropské nebo mezinárodní normy se značením EN, ISO, IEC a další. Instituce zpracovávající nové technické normy na úrovni EU je CEN – Evropská komise pro technickou normalizaci. Členské země CEN jsou například Belgie, Česká republika, Dánsko, Finsko, Francie, Itálie, Lucembursko, Německo, Norsko, Švédsko a další země. Každá taková norma, která je přejata do soustavy českých technických norem se stává normou českou. Značení těchto přejatých norem bývá ČSN EN, ČSN ISO, ČSN IEC a podobně. Tyto normy tvoří až 90 % z celkové roční produkce technických norem UNMZ v ČR. Současné

s tvorbou nových norem nebo s přejímáním evropských nebo mezinárodních norem se ruší konfliktní české normy [13].

Proces přejímání technických norem do soustavy norem ČSN probíhá:

- překladem
- převzetím originálu
- schválením k přímému používání

Překlad znamená, že za titulními stranami s informacemi o dané normě následuje text normy v českém jazyce doplněný v případě potřeby o národní přílohu. Převzetí originálu znamená, že za titulními stranami v českém jazyce následuje text v anglickém nebo francouzském jazyce doplněný opět v případě potřeby o národní přílohu. Schválení k přímému použití znamená, že za hlavní titulní stranou v českém jazyce je vložen text v anglickém originálu [13].

3.3.1 Dělení technických norem

Technické normy se dělí na jednotlivé třídy, které mají každá své jedinečné dvojčíslí, viz následující tabulka, tab. 5.

Tabulka 5: Seznam vybraných tříd norem, převzato z [14]

Dvojčíslí	Třída norem
01	Obecná třída
02	Strojní součásti
03	Strojní součásti – koroze a ochrana materiálu
05	Svařování, pájení, řezání kovů a plastů
06	Topení, průmyslové pece, vařidla a topidla
07	Kotle
12	Vzduchotechnická zařízení
13	Armatury a potrubí
14	Chladicí technika
15	Výrobky z plechu a drátu
18	Průmyslová automatizace
21	Tvářecí stroje
26	Zařízení dopravní a pro manipulaci s materiálem
27	Zdvihací zařízení, stroje pro povrchovou těžbu, stroje a zařízení pro zemní, stavební a silniční práce
33	Elektrotechnika – elektrotechnické předpisy
34	Elektrotechnika
35	Elektrotechnika
36	Elektrotechnika
37	Elektrotechnika – energetika
38	Energetika – požární bezpečnost
42	Hutnictví
44	Hornictví
46	Zemědělství
47	Zemědělské a lesnické stroje
48	Lesnictví
49	Průmysl dřevozpracující
50	Průmysl papírenský
64	Plasty
65	Výrobky chemického průmyslu
66	Výrobky chemického průmyslu
67	Výrobky chemického průmyslu
69	Strojní zařízení chemického průmyslu
70	Výrobky ze skla a tavených hornin
72	Stavební suroviny, materiály a výrobky
73	Navrhování a provádění staveb
74	Části staveb
75	Vodní hospodářství
76	Služby
77	Obaly a obalová technika

80	Textilní suroviny a výrobky
83	Ochrana životního prostředí, pracovní a osobní ochrana, bezpečnost strojních zařízení a ergonomie
85	Zdravotnictví
87	Telekomunikace
88	Průmysl polygrafický
91	Vnitřní zařízení
97	Výměna dat

3.3.2 Normy použité při vypracování této diplomové práce

Vzhledem k tomu, že se tato diplomová práce zabývá vytvořením projektové dokumentace, vychází se při návrhu celého zařízení z platných norem národních (ČSN) i evropských harmonizovaných norem (ČSN EN). Při návrhu zařízení na máčení a sušení jader byly použity tyto technické normy:

- | | |
|------------------------|--|
| ČSN EN 61439-1 ed.2 | Rozvaděče nízkého napětí – Část 1: Všeobecné požadavky |
| ČSN EN 61439-2 ed.2 | Rozvaděče nízkého napětí – Část 2: Výkonové rozvaděče |
| ČSN EN 61439-3 ed.3 | Rozvaděče nízkého napětí – Část 3: Rozvodnice určené k provozování laiky (DBO) |
| ČSN EN 60204-1 ed.2 | Bezpečnost strojních zařízení – Elektrická zařízení strojů – Část 1: Všeobecné požadavky |
| ČSN 33 2000-4-41 ed.2 | Elektrické instalace nízkého napětí – Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti – Ochrana před úrazem elektrickým proudem |
| ČSN 33 2000-4-473 | Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení. Část 4: Bezpečnost. Kapitola 47: Použití ochranných opatření pro zajištění bezpečnosti. Oddíl 473: Opatření k ochraně proti nadproudům |
| ČSN 33 2000-5-52 ed. 2 | Elektrické instalace nízkého napětí – Část 5-52: Výběr a stavba elektrických zařízení – Elektrická vedení |
| ČSN 33 2000-5-54 ed. 3 | Elektrické instalace nízkého napětí – Část 5-54: Výběr a stavba elektrických zařízení – Uzemnění a ochranné vodiče |
| ČSN EN 12464-1 | Osvětlení pracovních prostorů – Část 1: Vnitřní pracovní prostory |

3.3.3 Český a britský standart

V předchozích kapitolách je popsán systém norem v ČR. Ve Velké Británii jsou technické normy známe pod pojmem British Standards (BS) a jsou vytvářeny skupinou BSI. Vzhledem k tomu, že výše uvedené normy mají značení ČSN EN, znamená to, že to jsou evropské normy platné v ČR i v Británii. Ostatní normy ze skupiny ČSN 33 jsou tzv. harmonizované, což znamená, že jsou převzaty z evropských norem, nejčastěji formou překladu. Např. norma „ČSN 33 2000-4-41 ed. 2 Elektrické instalace nízkého napětí – část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti – Ochrana před úrazem elektrickým proudem“ je harmonizovaná norma vydaná v 8/2007 a je převzata překladem. Její anglický název zní „Low voltage electrical installations – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock“ [15]. Dle výše

vypsáných norem je tedy možné projektovat automatizovanou linku na máčení a sušení jader podle zadání.

4 DISTRIBUCE EL. ENERGIE V TECHNICKÉM PROVOZU

Elektrická zařízení jsou vždy tvořena z několika částí. Zařízení zpravidla tvoří elektrický zdroj, vedení a elektrický spotřebič. Elektrické vedení je jedním ze základních prvků v elektrotechnice a slouží k přenosu elektrické energie nebo elektrických signálů na velké vzdálenosti. Vedení je tvořeno vodiči, nejčastěji s měděným nebo s hliníkovým jádrem a izolací [16].

Vedení mohou být

- z holých vodičů, tj. převážně venkovní vedení,
- trubky a lišty,
- můstkové vodiče,
- kabely.

Průřez elektrického vedení musí vyhovět základním požadavkům, jako jsou:

- dovolené oteplení,
- hospodárnost provozu,
- mechanická pevnost,
- odolnost vůči dynamickým účinkům zkratových proudů,
- maximální dovolené úbytky napětí,
- ochrana před úrazem elektrickým proudem. [16]






4.1 Dimenzování vedení podle přípustného oteplení

Elektrický proud procházející vodičem způsobuje jeho zahřívání. Teplo, které se generuje ve vodiči je přímo úměrné odporu R tohoto vodiče a druhé mocnině proudu protékajícího tímto vodičem I . V ustáleném stavu (po nekonečně dlouhé době) je množství tepla generující se ve vodiči stejné jako množství tepla, které se předá do okolí povrchem vodiče.

Nejcitlivější částí vodičů je jejich izolace, protože je méně teplotně odolná než jejich jádra. Znamená to tedy, že maximální dovolená teplota vodiče je dána maximálně přípustnou teplotou jeho izolace. Překračování této teploty může zkracovat životnost vodičů.

Důležitou roli v oteplení vodiče hraje teplota okolí. Výrobce udává pro každý typ vodiče nebo kabelu jmenovitou hodnotu zatížitelnosti I_{NV} , která je uvažována při teplotě okolí 30 °C. Tato proudová zatížitelnost musí být přepočítána na dovolené proudové zatížení I_{DOV} respektující okolní teplotu a způsob uložení vodiče. Přepočítací součinitele jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 6: Označení vodičů dle způsobu uložení, převzato z [16]

způsob uložení	označení	popis
	A	Izolované vodiče v trubkách zapuštěných v izolačních stěnách.
	B	Izolované vodiče v trubkách nebo lištách na stěně.
	C	Kabely vícežilové na zdi., ve zdivu, na podlaze
	D	Kabely vícežilové v trubkách v zemi, nebo přímo v zemi.
	E	Kabely 2+3 žilové na vzduchu

Tabulka 7: Dovolené proudové zatížení měděných vodičů pro 30 °C na vzduchu a 20 °C v zemi, převzato z [16]

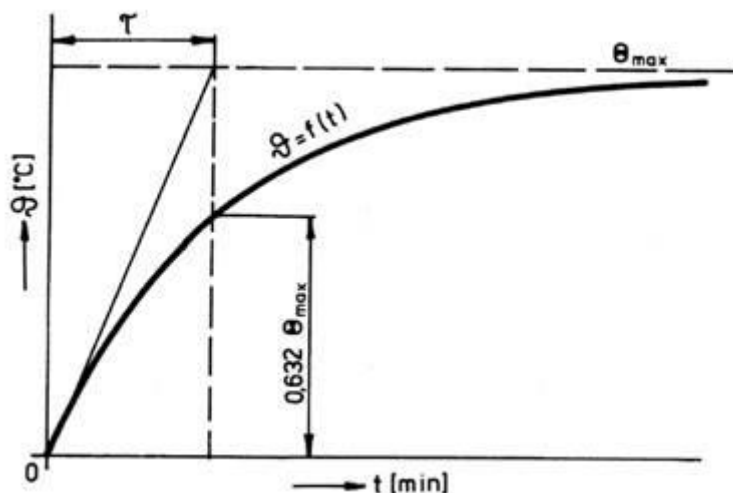
Jmenovitý průřez vodičů (mm ²)	Dovolené zatěžovací proudy [A]									
	při dvou zatížených vodičích					při třech zatížených vodičích				
	způsob uložení podle tabulky					způsob uložení podle tabulky				
	A	B	C	D *	E	A	B	C	D *	E
1	11	13,5	15	17,5	17	10,5	12	13,5	14,5	14,5
1,5	14,5	17,5	19,5	22	22	13	15,5	17,5	18	18,5
2,5	19,5	24	26	29	30	18	21	24	24	25
4	26	32	35	38	40	24	28	32	31	34
6	34	41	46	47	52	31	36	41	39	43
10	46	57	63	63	71	42	50	57	52	60
16	61	76	85	81	96	56	68	76	67	80
25	80	101	112	104	119	73	89	96	86	103

4.1.1 Oteplovací charakteristika vodiče

Po začátku protékání proudu vodičem se zvyšuje teplota vodiče, která byla do té doby stejná, jako je teplota okolí. Teplota vodiče roste do té doby, než se ustálí teplo generované v jádru vodiče a teplo odevzdané do okolí. Ustálená teplota vodiče závisí na velikosti protékajícího proudu, na materiálu izolace, na jeho chladicí ploše a na některých dalších vlastnostech. Oteplovací charakteristika je určena podle rovnice

$$\vartheta(t) = \vartheta_{max} * (1 - e^{\frac{-t}{\tau}}) \quad (I)$$

$\vartheta(t)$	závislost teploty vodiče na čase	[°C]
ϑ_{max}	maximální ustálená teplota	[°C]
t	čas od začátku děje	[s]
τ	časová oteplovací konstanta	[s]



Obr. 3: Oteplovací charakteristika vodiče, převzato z [17]

4.2 Dimenzování vedení s ohledem na mechanické namáhání vedení

Vodiče musejí odolávat mechanickému namáhání, které se může během jejich provozu vyskytovat. Jde například o namáhání během montáže, namáhání pohyblivého přívodu, namáhání vedení na strojích a podobně. Průřezy vodičů musejí být navrženy tak, aby mechanická pevnost vodiče snesla nejvyšší možné namáhání vyskytující se v průběhu provozu vodiče.

Minimální průřezy různých druhů vedení udávají technické normy dle způsobu použití, uložení a dalších kritérií [16].

4.3 Dimenzování vedení s ohledem na účinky zkratových proudů

Při běžném provozu se mohou v elektrických obvodech vyskytovat i poruchové proudy – nadproudy a větší zkraty. Tyto poruchové proudy jsou způsobeny buď zvýšeným odběrem proudu spotřebičem, nebo poškozením izolace vedení. Zkratové proudy jsou deseti a více násobky jmenovitého proudu. Zkratové proudy mohou mít až desítky kiloampér a dynamické namáhání vodičů vlivem průchodu těchto proudů je obrovské [16].

Zkratové proudy způsobují namáhání

- tepelné,
- mechanické.

Průchod zkratového proudu by tedy mohl ohřát vodič nad dovolenou mez a mohlo by dojít k poškození izolace vodiče nebo dokonce ke vzniku požáru. Výpočtem zkratových proudů se zabývají normy evropská „ČSN EN 60865-1 ed. 2 Zkratové proudy – Výpočet účinků – Část 1: Definice a výpočetní metody“ a národní „ČSN 38 1754 Dimenzování elektrického zařízení podle účinku zkratových proudů“ [15].

4.4 Dimenzování vedení podle maximálního dovoleného úbytku napětí

Na elektrickém vedení, kterým protéká proud, dochází k úbytku napětí ΔU na impedanci tohoto vedení. Proto je na konci vedení u spotřebiče menší napětí než na začátku u zdroje. Tento pokles napětí by mohl nepříznivě ovlivňovat fungování připojeného spotřebiče, a proto jsou

dovolené úbytky napětí limitovány v závislosti na druhu rozvodu. Hodnota maximálního úbytku napětí je uvedena v technických normách.

Navrhnutý průřez vedení musí být takový, aby úbytek napětí na vedení nepřesáhl normou povolenou hodnotu. Pokud není dovolený úbytek napětí předepsán, platí, že v místě spotřebiče nesmí být úbytek napětí větší než 5 % jmenovitého napětí sítě [16].

$$\Delta U = RI\cos(\varphi) + XI\sin(\varphi) \quad (2)$$

R	reálná složka impedance vedení (odpor)	$[\Omega]$
X	imaginární složka impedance vedení (reaktance)	$[\Omega]$
I	proud protékající vedením	$[A]$
φ	fázový posun	$[\circ]$

4.5 Dimenzování vedení s ohledem na správnou funkci ochrany před úrazem elektrickým proudem

Průřezy pracovních vodičů i ochranného vodiče musejí být zvoleny tak, aby impedance vypínací smyčky nepřekročila maximální hodnotu, která vyplývá z podmínky pro vypnutí jističího prvku v požadované době. Doby odpojení od zdroje jsou závislé v sítích s uzemněným uzlem na velikosti napětí fázového vodiče. [16]

Tabulka 8: Doby odpojení vedení s poruchou v sítích s uzemněným uzlem, převzato z [16]

Druh zařízení	Smluvní vypínací čas				
	120 V	230 V	277 V	400 V	580 V
držená v ruce	0,8 s	0,4 s	0,4 s	0,2 s	0,1 s
pevná	5 s				

4.6 Dimenzování vedení s ohledem na hospodárnost

Aspekt hospodárnosti nově budovaného vedení je důležitý pro každého projektanta. Čím je větší průřez vedení, tím je toto vedení dražší. Na druhou stranu klesá odpor tohoto vedení a zmenšují se tak ztráty na vedení. Účelem návrhu podle pohledu hospodárnosti je najít takový průřez vedení, jemuž odpovídají nejmenší náklady na pořízení a zároveň na provoz [16].

Největším faktorem při posuzování hospodárnosti je materiál použitého vedení. Použitím vedení z měděného materiálu můžeme oproti hliníku snížit průřezy vedení, a tedy i nároky na podpěry a další zařízení. Na druhou stranu jsou pořizovací náklady měděných vodičů natolik rozdílné oproti hliníku, že je třeba zvážit dobu provozu vedení a propočítat případné ztráty na vedení. [16]

4.7 Jištění elektrického vedení

Základní princip jištění vedení

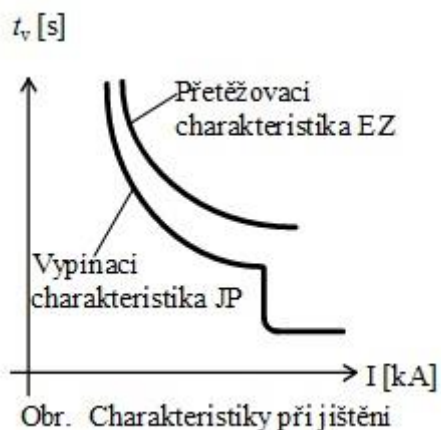
$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad (3)$$

$$I_2 \leq 1,45I_Z \quad (4)$$

I_b	vypočtený proud	[A]
I_n	jmenovitý proud jistícího prvku	[A]
I_Z	dovolené proudové zatížení	[A]
I_2	proud zajišťující zapůsobení v předepsané době	[A]

4.7.1 Ochrana zařízení před nadproudy

Ochranné prvky v obvodu musejí zajistit možnost trvalého zatížení jmenovitým proudem, kdy jistící prvek nesmí vybavit. Ochranné prvky musejí chránit před přetížením – ochranný prvek musí vybavit dříve, než chráněné zařízení překročí maximální dovolenou teplotu. Vypínací charakteristika jistícího prvku se musí nacházet nalevo pod přetěžovací charakteristikou chráněného zařízení. Posledním úkolem jistících ochranných prvků je jištění proti zkratovým proudům. Podmínkou správné funkce jistících prvků je, aby jejich vypínací zkratová schopnost byla vyšší než předpokládaný nejvyšší zkratový proud v místě zkratu [16].

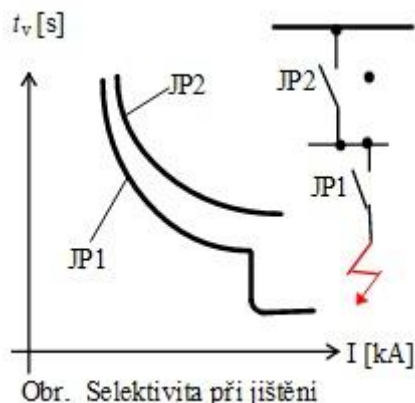


Obr. 4: Znázornění správně dimenzovaných vypínacích charakteristik EZ a JP, převzato z [16]

4.7.2 Selektivita jištění

Selektivita jištění zajišťuje takový stav, kdy při poruše, zkratu i přetížení, musí vybavit vždy prvek, který je umístěn nejbližší k poruše. Tím je zajištěno, že není odpojeno jiné zařízení bez poruchy. Selektivitu lze dosáhnout správným dimenzováním jistících prvků a jejich případným nastavením. Jednou z možností, jak dosáhnout selektivity je odstupňování hodnot jmenovitého proudu vypínacích prvků nebo zajistit časové zpoždění vybavení přístroje. Tímto se dá zajistit, aby vybavil právě ten prvek, který je nejbližší k poruše [16].

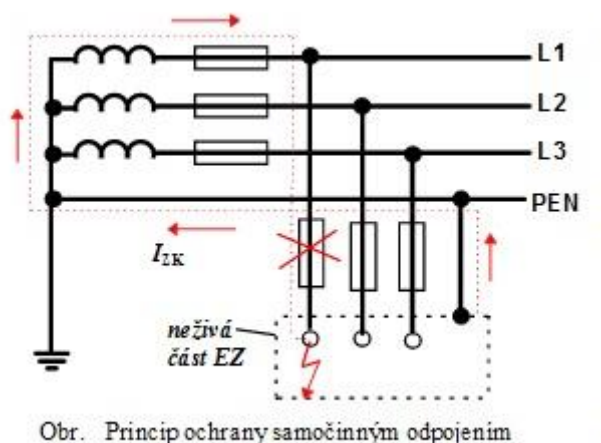
V oblasti nadproudů lze selektivitu určit z vypínacích charakteristik jednotlivých použitých jistících prvků. Vypínací charakteristika předřazeného jistícího prvku musí ležet napravo nad vypínací charakteristikou přiřazeného jistícího prvku. V oblasti zkratových proudů rozeznáváme selektivitu plnou a částečnou. Částečná selektivita působí pouze do určité velikosti zkratového proudu.



Obr. 5: Znárodnění správně dimenzovaných jisticích prvků zajišťujících selektivitu, převzato z [16]

4.7.3 Ochrana samočinným odpojením od zdroje

V našich podmínkách je nejrozšířenějším typem ochrany samočinné odpojení od zdroje v případě poruchy. Při poruše izolace dojde k propojení živé a neživé části a dojde ke zkratu. Poruchový proud prochází ze zdroje jisticím prvkem, vedením, až k místu poruchy, v místě poruchy se pak vrací ochranným vodičem ke zdroji. Velikost odporu impedanční smyčky musí být co nejmenší, aby byl poruchový zkratový proud větší, než je velikost jmenovitého proudu jisticího prvku. Musí být zajištěno odpojení v požadované době. Velikost proudu jisticího prvku se stanoví z jeho vypínací charakteristiky.



Obr. 6: Schéma obvodu s poruchou – zkrat pro demonstraci ochrany samočinným odpojením od zdroje, převzato z [16]

5 VYUŽITÍ VÝPOČETNÍ TECHNIKY PŘI NÁVRHU

Výpočty v této diplomové práci jsou řešeny výpočtovým programem SICHR od firmy OEZ s.r.o. Firma OEZ s.r.o. poskytuje tento program zdarma na svých stránkách pro každého projektanta. Podmínkou je registrace do věrnostního programu Modrá planeta.

V tomto programu lze provádět výpočty dimenzování vedení a jištění dle platných národních norem. Nevýhodou je, že v databázi pro výpočty jsou zaneseny pouze přístroje od firmy OEZ a

nejběžněji používané typy kabelů a vodičů. Výhodou programu je, že lze při dimenzování vypočítat i celkové pořizovací náklady a pozdější náklady na provoz.

Tento program provádí výpočty podle platných technických norem „ČSN 33 2000-4-41 ed. 2 Elektrické instalace nízkého napětí – Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti – Ochrana před úrazem elektrickým proudem“ (harmonizovaná norma), „ČSN 33 2000-4-43 ed. 2 Elektrické instalace nízkého napětí – Část 4-43: Bezpečnost – Ochrana před nadproudy“ (národní norma), ČSN 33 2000-5-52 ed. 2 Elektrické instalace nízkého napětí – Část 5-52: Výběr a stavba elektrických zařízení – Elektrická vedení“ (národní norma) [18].

5.1 Aplikace SICHR

Výpočtový program SICHR slouží projektujícím pracovníkům pro zjednodušení výpočtů. V úvodním formuláři projektu může projektant do hlavičky s všeobecnými informacemi zadat například název projektu, jméno autora, název firmy, datum výpočtu a další. Níže ve formuláři jsou uvedeny normy, podle kterých tento program počítá a rozpiska použitého materiálu s označením příslušných prvků ve vytvořeném schématu. Tato rozpiska použitého materiálu se může použít při pozdější objednávce materiálu [18].

Sichr 16.02 - Selektivita - sichr vykonava bilance nahruho

Projekt Úpravy Režim Zobrazit Okno Návod Jazyk / Language

OEZ

Projekt : Zařízení na máčení a sušení jader pro tvorbu odtíků

Autor : Bc. Jiří Čermák, Intesys BRNO s.r.o.

Datum : 13.12.2016

Všeobecné informace a soupiska materiálu

SIR TN, jmenovité napětí AC 230 / 400 V.

K ověření selektivity byly použity údaje výrobce

K výpočtu byly použity následující normy : ČSN 33 2000-4-41 ed. 2, PNE 33 0000-1 ed. 5, ČSN 33 2000-4-43 ed. 2 a ČSN 33 2000-5-52 ed. 2

K zobrazení výpočtových charakteristik byly použity údaje výrobce

Charakteristiky jsou vedeny v 75% proudového rozpětíového pásma

Pro výpočty ztrát byla použita ČSN EN 60909-0

Označení	Typ	Množství
	Soupiska strojů, přístrojů a vodičů	
	Všechny přístroje jsou uvedeny pouze v základním provedení	
	Doplňkové příslušenství naleznete v katalogu nebo Konfiguratoru OEZ	
	Přístroje označené * nemají úplné typové označení a je nutné je vyhledat v katalogu nebo Konfiguratoru OEZ	
FU	PH3 3	1 ks
	PHNA3 500A g3	3 ks
WL01	1-AYKY 3x105+95	200 m
FA01	BH630NE 305	1 ks
	SE-BH 0400-DTV3	1 ks

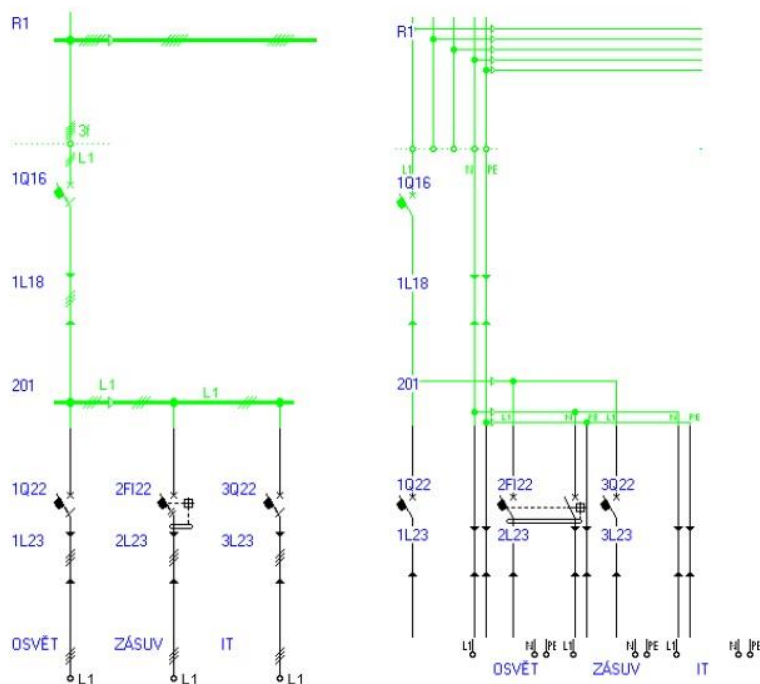
Obr. 7: Úvodní formulář programu SICHR

5.2 Praktická aplikace programu

V následujících kapitolách je představen program SICHR.

5.2.1 Zobrazení celkového schématu

Zobrazení celkového schématu slouží jako přehledové schéma navrženého obvodu. Toto schéma má 25 řádků, což znamená, že lze pod sebe zapojit až 25 prvků do jednoho obvodu. Takovýchto větví (sloupců) je možno vložit až 500 [18]. Lze přepínat mezi zobrazením přehledovým a detailním. V prvním zobrazení je schéma kresleno jednou čarou, v detailnějším zobrazení je kreslený každý jednotlivý vodič.



Obr. 8: SICHR celkové schéma – rozdíl v zobrazení přehledově anebo detailně, převzato z [18]

5.2.2 Zobrazení schématu paprsku

Zobrazení ve schématu paprsku ovlivňuje režim výpočtu. Program lze použít v režimu charakteristiky, selektivita, impedance, optimalizace.



Projekt : Návrh zařízení na máčení a sušení jader
Vypínací charakteristiky a nastavení spouští

Datum : 13.12.2016

sichr vykonova bilance nahruho
 Síť TN, $U_n = 230 / 400 \text{ V}$

Zapojení	Přístroj	Poznámka
TR1 L1 L2 L3 PEN	Sít TN $I_n = 500 \text{ A}$ $U_2 = 240/415 \text{ V}$ $dU = 0.4 \%$	$I_k'' = 79.9 \text{ kA}$ $i_p = 175 \text{ kA}$
FU WL01	PHNA3qG $I_n = 500 \text{ A}$	$I_{cc} = 120 \text{ kA}$ Připojeno pomocí FH3 $i_o = 42.3 \text{ kA}$
FA01 L1 L2 L3 PEN RM	2II1-AYKY 3x185+95 $I_z = 560 \text{ A}$ $t_m = 50^\circ \text{ C}$ $dU = 1.5 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$	$(I_k'' = 21.1 \text{ kA})$ 100 m ve vzduchu (E) $i_o = 29.4 \text{ kA}$
	BH630N-DTV3 $I_n = 400 \text{ A}$ $I_R = 360 \text{ A}$	$I_{cm} = 75.6 \text{ kA}$ $I_R = 360 \text{ A}$, restart = T(t), $i_i = 4 \times I_R$ $i_o = 26.3 \text{ kA}$
	Vývod $P = 202 \text{ kW}$ $x_B = 202 \text{ kW} / \cos \phi_i = 0.85$ $I = 343 \text{ A}$ $U = 408 \text{ V}$ ($U_n + 2.0\%$) $B = 1$	$(I_k'' = 21.1 \text{ kA}, i_p = 31.0 \text{ kA})$ $i_o = 26.3 \text{ kA}$

Vypínací charakteristiky - paprsek 1



Obr. 9: Schéma paprsku v režimu charakteristiky

Režim charakteristiky

Charakteristiky jsou základním režimem ve schématu paprsku. V tomto režimu probíhá výpočet počátečního rázového zkratového proudu I_k'' , výpočet nárazového zkratového proudu i_p

a výpočet úbytku napětí na všech kabelech ΔU . V tomto režimu se provádí kontrola zkratové vypínací schopnosti, zkratové zapínací schopnosti a podmíněné zkratové schopnosti přístrojů a správné navržení jističů kabelů a dalších přístrojů, jako jsou stykače, odpínače a jiné.

Režim selektivita

Režim selektivita kontroluje správné dimenzování za sebou jdoucích jistících prvků. Cílem tohoto režimu je provést správný návrh jističů tak, aby při poruše vypínal pouze přístroj přiřazený zařízení s poruchou. V případě částečné selektivity program v tomto režimu vyznačí proud, do kterého budou dva po sobě zapojené jistící přístroje plně selektivní.

Režim impedance

Režim impedance kontroluje správnost funkce ochrany při poruše automatickým odpojením od zdroje. Je zobrazena maximální přípustná impedance poruchové smyčky v závislosti na čase odpojení od zdroje a na vypínací charakteristice jistícího prvku. S touto maximální přípustnou hodnotou se porovnává impedance poruchové smyčky v nakresleném schématu.

Režim optimalizace

Režim optimalizace souvisí s finanční stránkou navrhovaného projektu. V tomto režimu program dokáže vypočítat navíc i ztráty na kabelech po celou dobu jejich provozu. Program dokáže porovnat ztráty v průběhu provozu vůči pořizovacím nákladům souvisejícím se zatěžovacím proudem, s úbytkem napětí na kabelu, a se správnou funkcí ochrany automatického odpojení od zdroje v případě poruchy a navrhne optimální řešení z hlediska ekonomického.

5.2.3 Zobrazení přehledu parametrů a výpočtů

Zobrazení paprsku a celkového schématu nemůže ukázat současně všechny vypočtené parametry. Tento přehled slouží pro celkovou kontrolu celého projektu bez ohledu na jeho rozsah. Program postupně prochází každý paprsek a výpočty z něj ukládá do přehledné tabulky, ve které je uvedeno projekční značení ve schématu, zadané parametry a příslušné výpočty. Na konci tohoto procesu výpisu výpočtů do tabulky se objeví okno s případnými chybovými hláškami.



Obr. 10: Náhled na tabulku s případnými chybovými hláškami při zobrazení parametrů a výpočtů, zde případ bezchybného výpočtu

6 AUTOMATIZOVANÁ LINKA NA MÁČENÍ A SUŠENÍ JADER

6.1 Návrh chodu linky

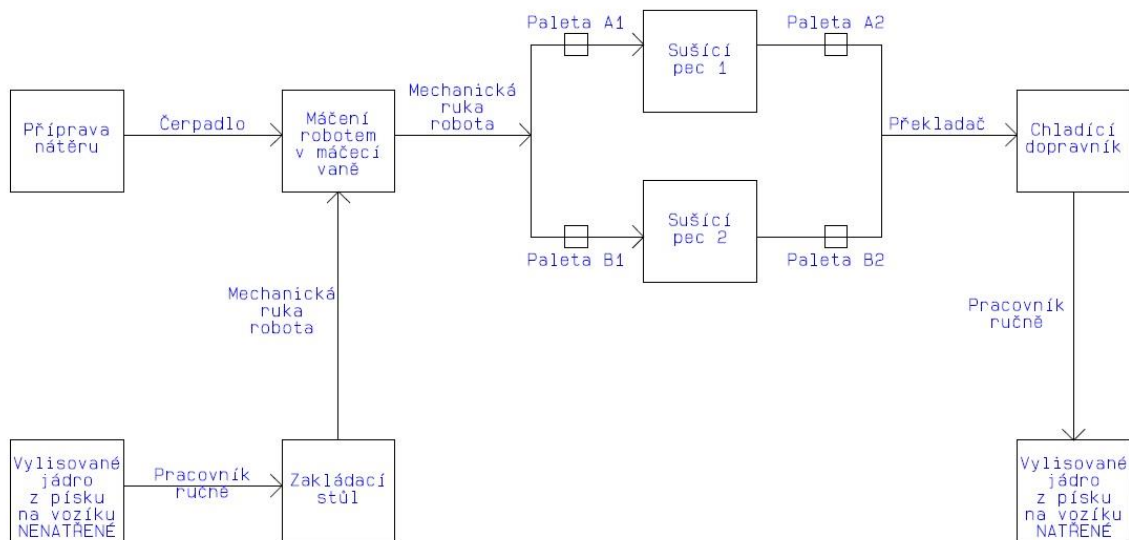
Součástí diplomové práce je vypracování projektové dokumentace pro elektročást automatizované linky ve slévárně ve Velké Británii. Ve Velké Británii platí tzv. Britský standart – soubor norem podobný českému souboru ČSN. Při projektování tohoto zařízení bylo vycházeno z harmonizovaných norem, které platí nejen v České republice, ale i ve Velké Británii. Ve Velké Británii je elektrická soustava téměř stejná, jako v České republice. Jediný rozdíl je ve vyšší hladině napětí. Zatímco v České republice máme napěťovou hladinu 230/400VAC, ve Velké Británii je napěťová hladina 240/415 VAC. Všechny elektrické přístroje použité v projektu jsou proto dimenzovány na tuto hladinu napětí.

Cílem této diplomové práce je navrhnout automatizovanou linku do slévárny, která má pomocí robota namáčet jádra vylisovaná z písku v barvě, přesouvat tato namočená jádra na palety, na kterých se namočená jádra průchodem peci vysuší. Na výstupu ze sušící pece jsou vysušená jádra překladačem položena na chladicí dopravník. Tento dopravník po projetí kolem série chladících ventilátorů doručí jádra k pracovníkovi, který je přeloží na přistavený vozík. Takto připravená jádra jsou potom využívána v dalších technologických procesech slévárny. Vkládají se do forem a slouží tak k výrobě složitějších odlitků. Řešení těchto navazujících procesů není součástí této diplomové práce.



Obr. 11: Pohled na hotové výrobky ve slévárně v Hradci Králové. Foto použito se svolením firmy Intesys BRNO s.r.o. a EURAC Hradec s.r.o., autor Bc. Jiří Čermák

Celý technologický proces linky na máčení a sušení jader je patrný z blokového schématu na obr. 12.



Obr. 12: Návrh blokového schématu linky na máčení a sušení jader



Obr. 13: Pohled na robota se třemi jádry v úchopu při umísťování jader na paletu na vstupu pece. Foto použito se svolením firmy Intesys BRNO s.r.o. a EURAC Hradec s.r.o., autor Bc. Jiří Čermák

6.2 Technický popis

Linka se skládá z těchto jednotlivých technologických zařízení:

1. Pracoviště přípravy nátěru a máčecí vany
2. Zakládací zařízení surových jader
3. Robotické pracoviště manipulace s jádry (barvení a vkládání na paletu pece)
4. Elektrické sušící zařízení s oběžným řetězovým dopravníkem
5. Vysouvací zařízení palet pro vkládání
6. Vysouvací zařízení palet vysušených jader
7. Překládací zařízení vysušených jader na dopravní pás
8. Pásový dopravník se zatáčkou a chladícím tunelem
9. Čistící zařízení palet s posuvným kartáčem

Popis funkce:

Celé pracoviště pracuje v automatickém režimu a je obsluhováno jedním pracovníkem s výjimkou transportu jader, tj. dopravy regálů se surovými jádry a odvozem nabarvených a vysušených jader z pracoviště.

Pracovník obsluhy provádí před spuštěním linky v automatickém režimu přípravu nátěru v rozmíchávací nádrži a v průběhu chodu automatu provádí zakládání surových jader na zakládací stůl a odebírá hotová jádra z pásového dopravníku, které pak uloží do regálu pro odvoz.

V zakládací sekci obsluha zakládá 3 jádra do centrovacího přípravku na centrovací desku stolu, který zaváže jádra k robotu u máčecí vany. Robot odebírá záraz tři jádra a provádí operace zajišťující namočení a okapání jádra při průběžné rotaci. Jádra poté ukládá na palety na vysunutý dopravní rošt elektricky vyhřívané sušky.

Suška je složena z oběžného vertikálního dopravníku, který prochází uzavřenou komorou s usměrněnou cirkulací ohřívaného vzduchu. Vertikální řetězový dopravník je sestaven ze dvou sekcí, kde jsou na každém patře uloženy ve stejné výšce dva rošty pro uložení tří jader na jeden rošt. Nosiče roštů každého patra jsou zavěšeny v určené rozteči nad sebou a tvoří oběžný dopravník. Rošt je do nosiče zasunut přes vodící lišty a v místě odebírání a zakládání je pomocí vysouvacího zařízení zachycen a vysunut do prostoru před dopravníkem. V místě zakládání provádí uložení tří nabarvených jader naráz robot.

V místě zajiždění prázdného roštu zpět do dopravníku sušky je instalována v každé sekci posuvná kartáčová lišta, která provádí očištění roštu od nálepů barvy.

V místě odebírání je instalováno zařízení pro přeložení tří jader naráz na chladicí dopravník, který přesune jádra k obsluze přes chladicí tunel. Vysušené a zchlazené jádro obsluha odebírá a ukládá do transportního vozíku.

Celý technologický celek má hlavní silový a ovládací rozvaděč. Z ovládacího rozvaděče jsou nastavovány základní parametry sušky a chodu celé linky. Součástí jsou čtyři podružné ovládací skříňky v místě pracoviště obsluhy zakládání a odebírání jader a v místě přípravy nátěru.

Linka má volbu pracovat v servisním (ručním) režimu a ve třech automatických režimech:

1. Plnicí režim – suška je prázdná a probíhá cyklus zakládání a barvení jader bez odebrání usušených jader, až do fáze zaplnění všech roštů.

2. Základní automatický režim – probíhá kompletní cyklus s máčením jádra a obsluha průběžně zakládá a odebírá jádra z dopravníku.

3. Vyprazdňující režim - probíhá cyklus bez zakládání a máčení nových jader a dojde k vyprázdnění sušky.



Obr. 14: Pohled na natřené a nenatřené jádro pro tvorbu odlitků. Foto použito se svolením firmy Intesys BRNO s.r.o. a EURAC Hradec s.r.o., autor Bc. Jiří Čermák

6.2.1 Použité projekční značení

Značení většiny elektrických přístrojů v této diplomové práci odpovídá technické normě „ČSN EN 81346-2 Průmyslové systémy, instalace a zařízení a průmyslové produkty – Zásady strukturování a referenční označování – Část 2: Třídění předmětů a kódy tříd“. Jak vyplývá z kapitoly Technické normy – standart, technické normy nejsou závazné. Některé značení prvků tedy neodpovídá této normě, ale starým zažitým zvyklostem ve značení přístrojů.

A	Řídicí systém (výrobce Allen Bradley)
RM	Silový napájecí rozvaděč
DT	Řídicí rozvaděč (obsahuje řídicí systém)
RR	Rozvaděč robota
MS1	Skříňka na pracovišti příprava nátěru
MS2	Skříňka na pracovišti zakládání jader
MS3	Skříňka pro výměnu uchopovače robota
MS4	Skříňka u branky k robotovi
MX1	Přepojovací skříňka pro silové vývody
MX100	Přepojovací skříňka pro čidla
1K1	Vazební relé na výstupech řídicího systému
EH	Topná tělesa v sušící peci
FM	Frekvenční měniče pro ovládání pohonů

FA	Jističe
FU	Pojistkové odpínače
KF	Vazební relé sloužící k signalizaci chodu frekvenčního měniče
KH	Relé zapojená v havarijním obvodu
KM	Stykač
KS	Vazební relé zapojená na čidla
KVF1	Bezpečnostní relé
M	Motor
PTC	Měření teploty vinutí motoru
QF	Spouštěč motoru
RF	Filtr frekvenčního měniče
S	Čidla
SB	Stiskací tlačítko
SBH	Tlačítko havarijního vypnutí (červená hříbová stiskací hlavice)
T	Ochranný oddělovací transformátor
WL	Silový kabel
WS	Signálový kabel
WV	Kabel k ventilům
X1	Označení svorek

6.3 Soupis jednotlivých zařízení linky

Příprava nátěru (MX100)

•Převrtný kontejner – míchadlo	M1 - 1,5kW/400 V
•Převrtný kontejner – tenzometrická váha	RM2 – RS485/230 V – FORMAT F10
•Rozmíchávací nádrž – míchadlo	M2 - 1.5kW/400 V + FM + bimetal
•Rozmíchávací nádrž – snímač otevření víka	SQ2 – TURCK BI8-M18-AP6X
•Rozmíchávací nádrž – minimální hladina	S1 – VEQA SWING 51
•Vodoměr	S4 – DADGER METER PCDL M25LCR
•Ventil doplňování vody	V3 – Ventil 24VDC
•Máčecí vana – doplňovací čerpadlo	V4 – Ventil 24VDC

Příprava nátěru (MS1)

•Elektro-rozvaděč přípravy nátěru	MS1
-----------------------------------	-----

Vana (MX101)

- Máčecí vana – oběhové čerpadlo V5 – Ventil 24VDC
- Máčecí vana – měření výšky LICA100 – BANNER S18UIARQ

Zakládací stůl (MX102)

- Otáčení zakládacího stolu M22 - 0.25kW/400 V + FM + brzda + termistor
- Zakládací stůl – poloha A S13 – TURCK BI8-M18-AP6X
- Zakládací stůl – poloha B S14 – TURCK BI8-M18-AP6X
- Snímač polohy A přítomnosti jádra 1 S15 – BANNER QS18VP6LPQ5
- Snímač polohy A přítomnosti jádra 2 S16 – BANNER QS18VP6LPQ5
- Snímač polohy A přítomnosti jádra 3 S17 – BANNER QS18VP6LPQ5
- Snímač polohy B přítomnosti jádra 1 S18 – BANNER QS18VP6LPQ5
- Snímač polohy B přítomnosti jádra 2 S19 – BANNER QS18VP6LPQ5
- Snímač polohy B přítomnosti jádra 3 S20 – BANNER QS18VP6LPQ5
- Ventil ofuku zakládacího stolu V7 – Ventil 24VDC
- Ventil ofuku jader na zakládacím stolu V8 – Ventil 24VDC

Robot (MX103)

- Rozvaděč robota RR – FANUC R-1000iA/100 F
- Rotace úchopu robota M3 - 0.09kW/230 V + FM + termistor
- Úchop robota V6 – Ventil 24VDC
- Ochranný plot – branka zavřena SQ1 – SIEMENS 3SE5 232-0QV40

Sušicí pec 1

- Sušicí pec 1 - oběhový ventilátor M4 - 5.5 kW/400 V
- Sušicí pec 1 - oběhový ventilátor M5 - 5.5 kW/400 V
- Sušicí pec 1 - klapka odsávání M8 – BELIMO LM230A-S
- Sušicí pec 1 - klapka odsávání M9 – BELIMO LM230A-S
- Sušicí pec 1 - topná tělesa EH12 - 10 kusů 2kW/400 V
- Sušicí pec 1 - topná tělesa EH13 - 8 kusů 2kW/400 V
- Sušicí pec 1 - topná tělesa EH14 - 10 kusů 2kW/400 V
- Sušicí pec 1 - topná tělesa EH15 - 8 kusů 2kW/400 V
- Sušicí pec 1 - teplota v komoře strana zakládání TH1.1 - RAWET PPL110

•Sušicí pec 1 - teplota v komoře strana odebírání	TH1.2 - RAWET PPL110
•Sušicí pec 1 - teplota v peci strana zakládání	TH1.3 - RAWET PPL110
•Sušicí pec 1 - teplota v peci strana odebírání	TH1.4 - RAWET PPL110
•Oběžný dopravník	M20 - 2.2kW/400 V + FM + brzda + termistor
•Oběžný dopravník – poloha pro zastavení	S57 – TURCK
•Oběžný dopravník – přítomnost palety strana zakládání	S5 – TURCK
•Oběžný dopravník – přítomnost palety strana odebírání	S6 – TURCK
•Sušicí pec 1 - aretační zarážka	V1.1 - Ventil 24VDC
•Sušicí pec 1 - aretační zarážka – poloha zasunuta	S9.1 - SICK GL6
•Sušicí pec 1 - aretační zarážka – poloha zasunuta	S9.2 - SICK GL6
•Sušicí pec 1 - aretační zarážka – poloha zasunuta	S9.3 - SICK GL6
•Sušicí pec 1 - aretační zarážka – poloha zasunuta	S9.4 - SICK GL6
•Sušicí pec 1 - čistící škrabka	V1.4 - Ventil 24VDC
•Sušicí pec 1 - čistící škrabka – poloha nahoře	S49 – SICK GL6

Sušicí pec 2

•Sušicí pec 2 - oběhový ventilátor 1	M6 - 5.5 kW/400 V
•Sušicí pec 2 - oběhový ventilátor 2	M7 - 5.5 kW/400 V
•Sušicí pec 2 - klapka odsávání 1	M10 – BELIMO LM230A-S
•Sušicí pec 2 - klapka odsávání 2	M11 – BELIMO LM230A-S
•Sušicí pec 2 - topná tělesa	EH16 - 10 kusů 2kW/400 V
•Sušicí pec 2 - topná tělesa	EH17 - 8 kusů 2kW/400 V
•Sušicí pec 2 - topná tělesa	EH18 - 10 kusů 2kW/400 V
•Sušicí pec 2 - topná tělesa	EH19 - 8 kusů 2kW/400 V
•Sušicí pec 2 - teplota v komoře strana zakládání	TH2.1 - RAWET PPL110
•Sušicí pec 2 - teplota v komoře strana odebírání	TH2.2 - RAWET PPL110
•Sušicí pec 2 - teplota v peci strana zakládání	TH2.3 - RAWET PPL110
•Sušicí pec 2 - teplota v peci strana odebírání	TH2.4 - RAWET PPL110
•Sušicí pec 2 - oběžný dopravník	M21 - 2.2kW/400 V + FM + brzda + termistor
•Oběžný dopravník – poloha pro zastavení	S58 – TURCK
•Oběžný dopravník – přítomnost palety strana zakládání	S7 – TURCK
•Oběžný dopravník – přítomnost palety strana odebírání	S8 – TURCK

•Sušící pec 2 - aretační zarážky	V2.1 - Ventil 24VDC
•Sušící pec 2 - aretační zarážka – poloha zasunuta	S10.1 - SICK GL6
•Sušící pec 2 - aretační zarážka – poloha zasunuta	S10.2 - SICK GL6
•Sušící pec 2 - aretační zarážka – poloha zasunuta	S10.3 - SICK GL6
•Sušící pec 2 - aretační zarážka – poloha zasunuta	S10.4 - SICK GL6
•Sušící pec 2 - čistící škrabka	V2.4 - Ventil 24VDC
•Sušící pec 2 - čistící škrabka – poloha nahoře	S50 – SICK GL6

Zakládání palet do sušící pece 1

•Posuv palety do sušící pece 1	M23 - 0.25kW/400 V + FM + brzda + termistor
•Posuv palety do sušící pece 1 - poloha mimo pec	S29 – TURCK Bi8-M18-AP6X
•Posuv palety do sušící pece 1 - poloha uvnitř v peci	S30 – TURCK Bi8-M18-AP6X
•Posuv palety do sušící pece 1 - přítomnost palety	S31 – TURCK Bi15-M30-AP6X
•Posuv palety do sušící pece 1 - zdvih palety	V1.2 - Ventil 24VDC
•Posuv palety do sušící pece 1 - poloha zdvihu nahoře	S32 – SICK GL6
•Posuv palety do sušící pece 1 - poloha zdvihu dole	S33 – SICK GL6

Zakládání palet do sušící pece 2

•Posuv palety do sušící pece 2	M24 - 0.25kW/400 V + FM + brzda + termistor
•Posuv palety do sušící pece 2 - poloha mimo pec	S34 – TURCK Bi8-M18-AP6X
•Posuv palety do sušící pece 2 - poloha uvnitř v peci	S35 – TURCK Bi8-M18-AP6X
•Posuv palety do sušící pece 2 - přítomnost palety	S36 – TURCK Bi15-M30-AP6X
•Posuv palety do sušící pece 2 - zdvih palety	V2.2 - Ventil 24VDC
•Posuv palety do sušící pece 2 - poloha zdvihu nahoře	S37 – SICK GL6
•Posuv palety do sušící pece 2 - poloha zdvihu dole	S38 – SICK GL6

Odebírání palet ze sušící pece 1

•Posuv palety ze sušící pece 1	M25 - 0.25kW/400 V + FM + brzda + termistor
•Posuv palety ze sušící pece 1 - poloha mimo pec	S39 – TURCK Bi8-M18-AP6X
•Posuv palety ze sušící pece 1 - poloha uvnitř v peci	S40 – TURCK Bi8-M18-AP6X
•Posuv palety ze sušící pece 1 - přítomnost palety	S41 – TURCK Bi15-M30-AP6X
•Posuv palety ze sušící pece 1 - zdvih palety	V1.3 - Ventil 24VDC

•Posuv palety ze sušící pece 1 - poloha zdvihu nahoře S42 – SICK GL6

•Posuv palety ze sušící pece 1 - poloha zdvihu dole S43 – SICK GL6

Odebírání palet ze sušící pece 2

•Posuv palety ze sušící pece 2 M26 - 0.25kW/400 V + FM + brzda + termistor

•Posuv palety ze sušící pece 2 - poloha mimo pec S44 – TURCK Bi8-M18-AP6X

•Posuv palety ze sušící pece 2 - poloha uvnitř v peci S45 – TURCK Bi8-M18-AP6X

•Posuv palety ze sušící pece 2 - přítomnost palety S46 – TURCK Bi15-M30-AP6X

•Posuv palety ze sušící pece 2 - zdvih palety V2.3 - Ventil 24VDC

•Posuv palety ze sušící pece 2 - poloha zdvihu nahoře S47 – SICK GL6

•Posuv palety ze sušící pece 2 - poloha zdvihu dole S48 – SICK GL6

Překládací zařízení sušící pece 1

•Překládací zařízení sušící pece 1 M27 - 0.55kW/400 V + FM + brzda + termistor + IRC

•Překládací zařízení sušící pece 1 - referenční poloha S27 – TURCK Bi15-M30-AP6X

•Překládací zařízení sušící pece 1 - uchopovač V1.5 - Ventil 24VDC

Překládací zařízení sušící pece 2

•Překládací zařízení sušící pece 2 M28 - 0.55kW/400 V + FM + brzda + termistor + IRC

•Překládací zařízení sušící pece 2 - referenční poloha S28 – TURCK Bi15-M30-AP6X

•Překládací zařízení sušící pece 2 - uchopovač V2.5 - Ventil 24VDC

Chladicí dopravník

•Chladicí dopravník 1 M29 - 0.55 kW/400 V

•Chladicí dopravník 1 - přítomnost jádra na konci S24 – SICK GL6

•Chladicí dopravník 2 M30 - 0.55 kW/400 V

•Chladicí dopravník 2 - přítomnost jádra na konci S25 – SICK GL6

•Chladicí dopravník 3 M31 - 0.55 kW/400 V

•Chladicí dopravník 1 - přítomnost jádra na konci S26 – SICK GL6

•Chladicí ventilátor M32 - 1.1 kW/400 V

•Sušící pec 1 - přítomnost jádra 1 na výstupu S51 – BANNER QS18VP6LPQ5

•Sušící pec 1 - přítomnost jádra 2 na výstupu S52 – BANNER QS18VP6LPQ5

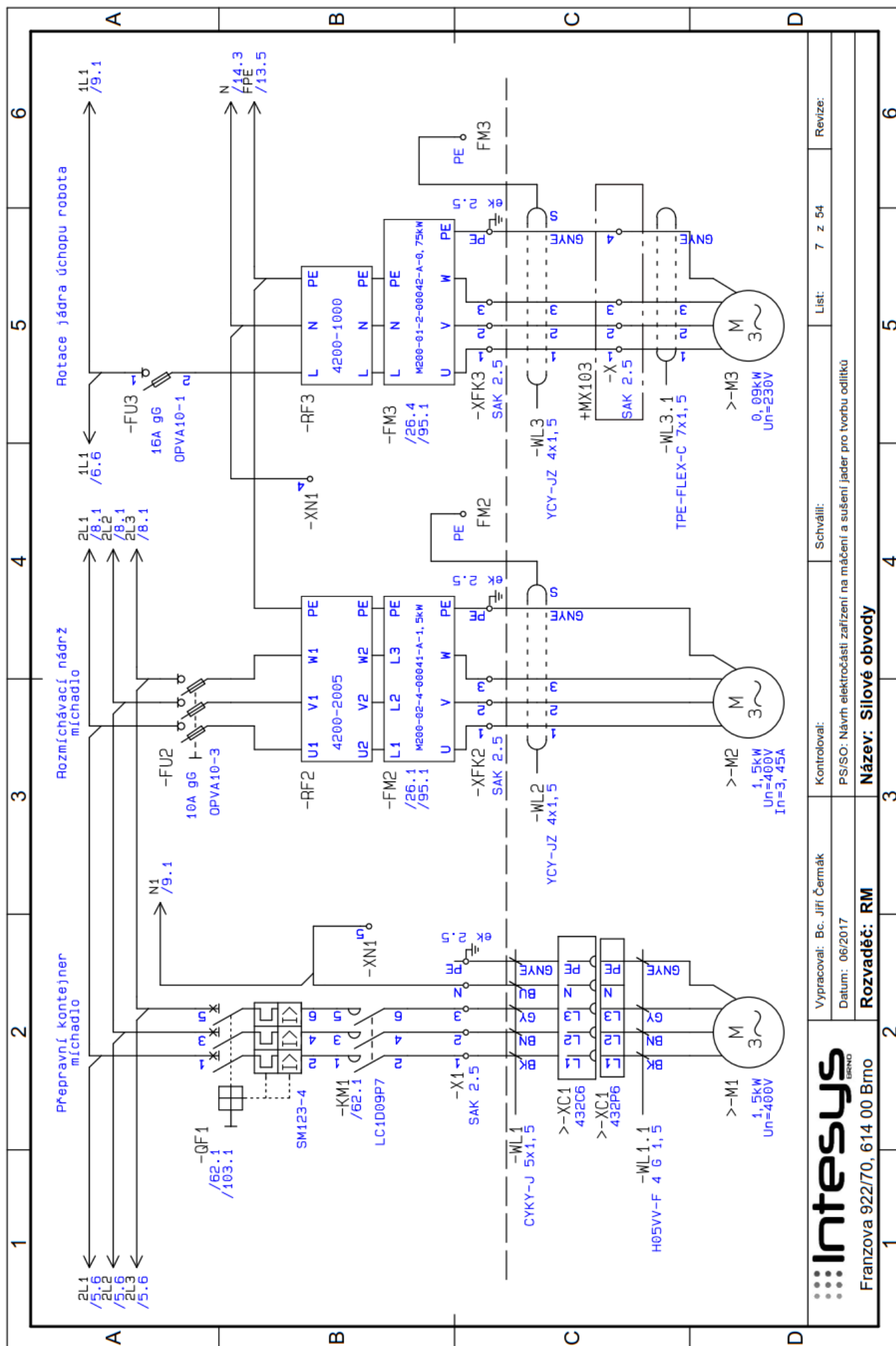
•Sušící pec 1 - přítomnost jádra 3 na výstupu S53 – BANNER QS18VP6LPQ5

•Sušicí pec 2 - přítomnost jádra 1 na výstupu	S54 – BANNER	QS18VP6LPQ5
•Sušicí pec 2 - přítomnost jádra 2 na výstupu	S55 – BANNER	QS18VP6LPQ5
•Sušicí pec 2 - přítomnost jádra 3 na výstupu	S56 – BANNER	QS18VP6LPQ5
•Sušicí pec 1 - zadní branka zavřena	SQ3 – SIEMENS	3SE5 232-0QV40
•Sušicí pec 1+2 - zadní branka zavřena	SQ4 – SIEMENS	3SE5 232-0QV40
•Sušicí pec 2 - zadní branka zavřena	SQ5 – SIEMENS	3SE5 232-0QV40

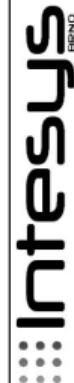
6.4 Náhled do projektové dokumentace

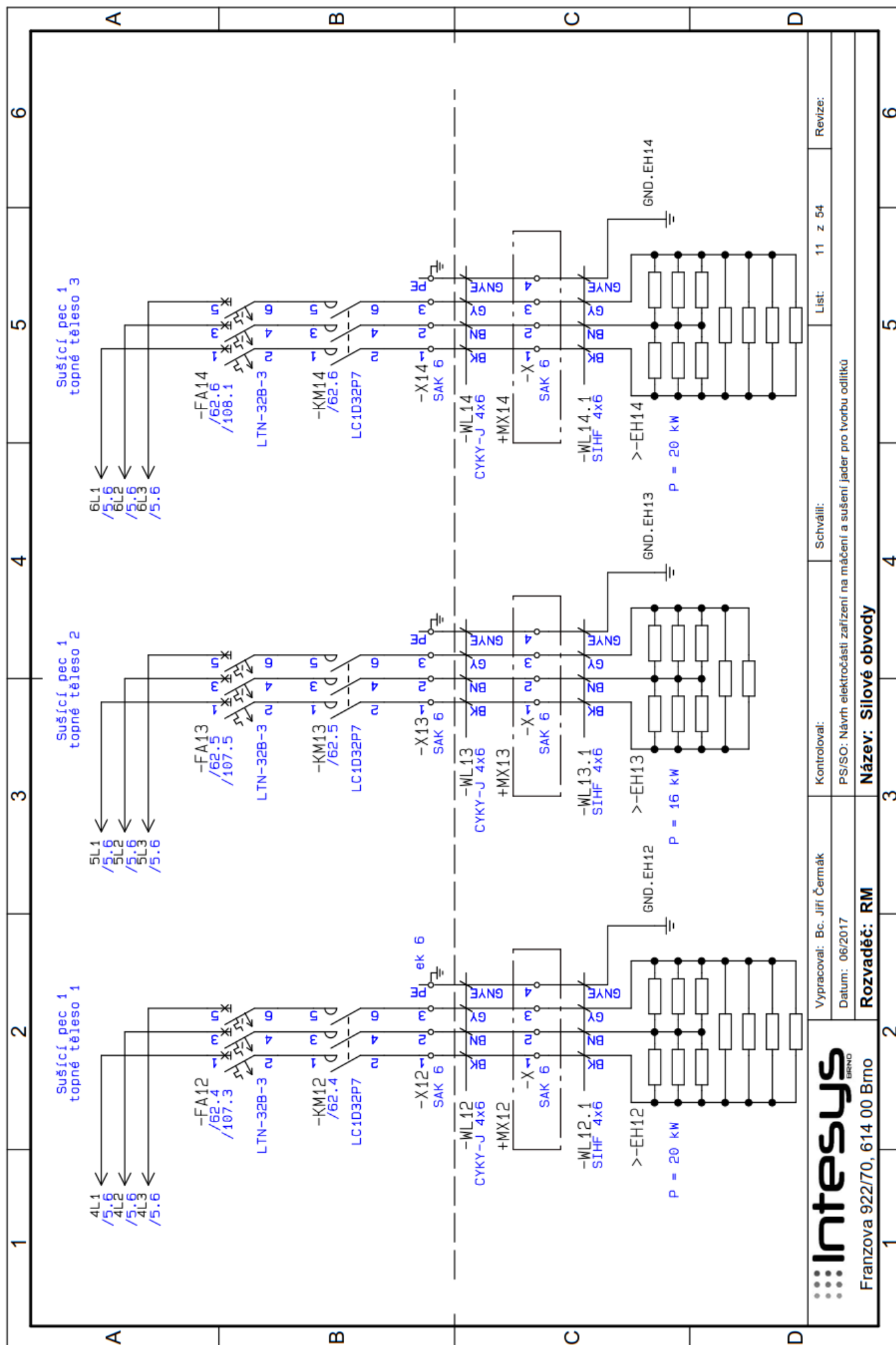
6.4.1 Výkresy

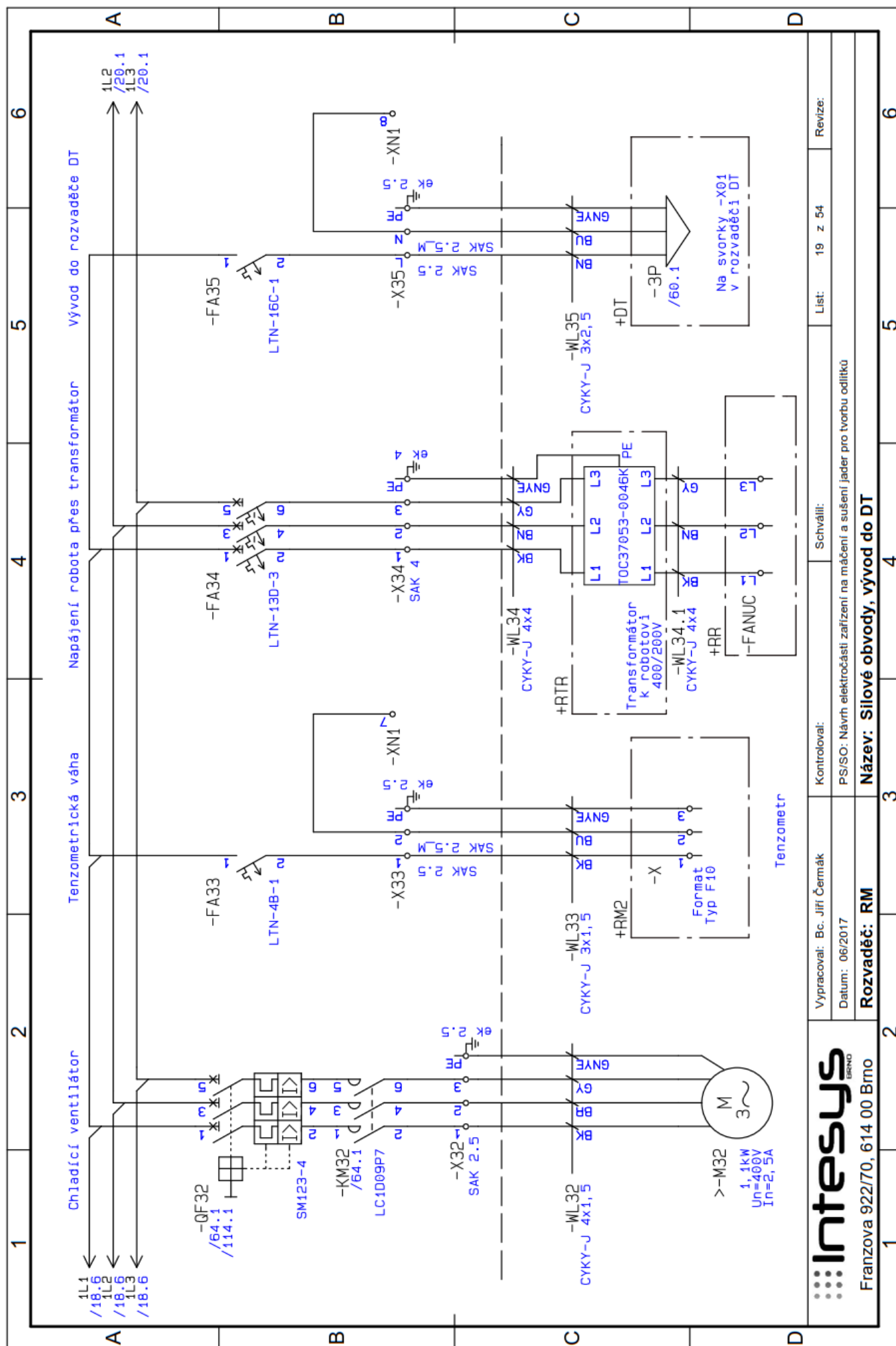
Na dalších stranách následuje několik vložených výkresů, které jsou použity v projektové dokumentaci. Jedná se například o silové vývody, zapojení čidel, zapojení ventilů a zapojení signalizace. Kompletní výkresová dokumentace je přiložena jako součást přílohy této diplomové práce.

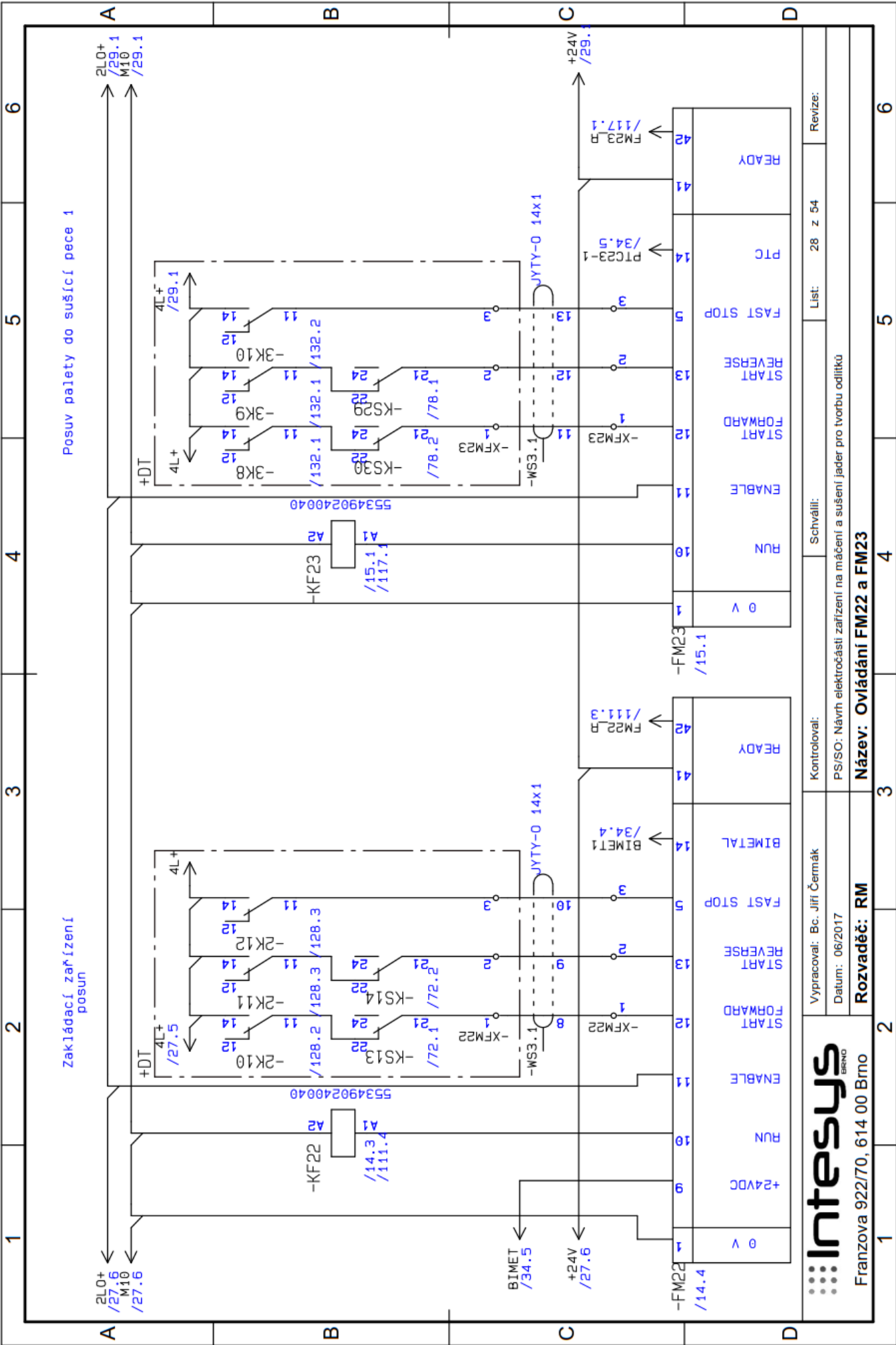


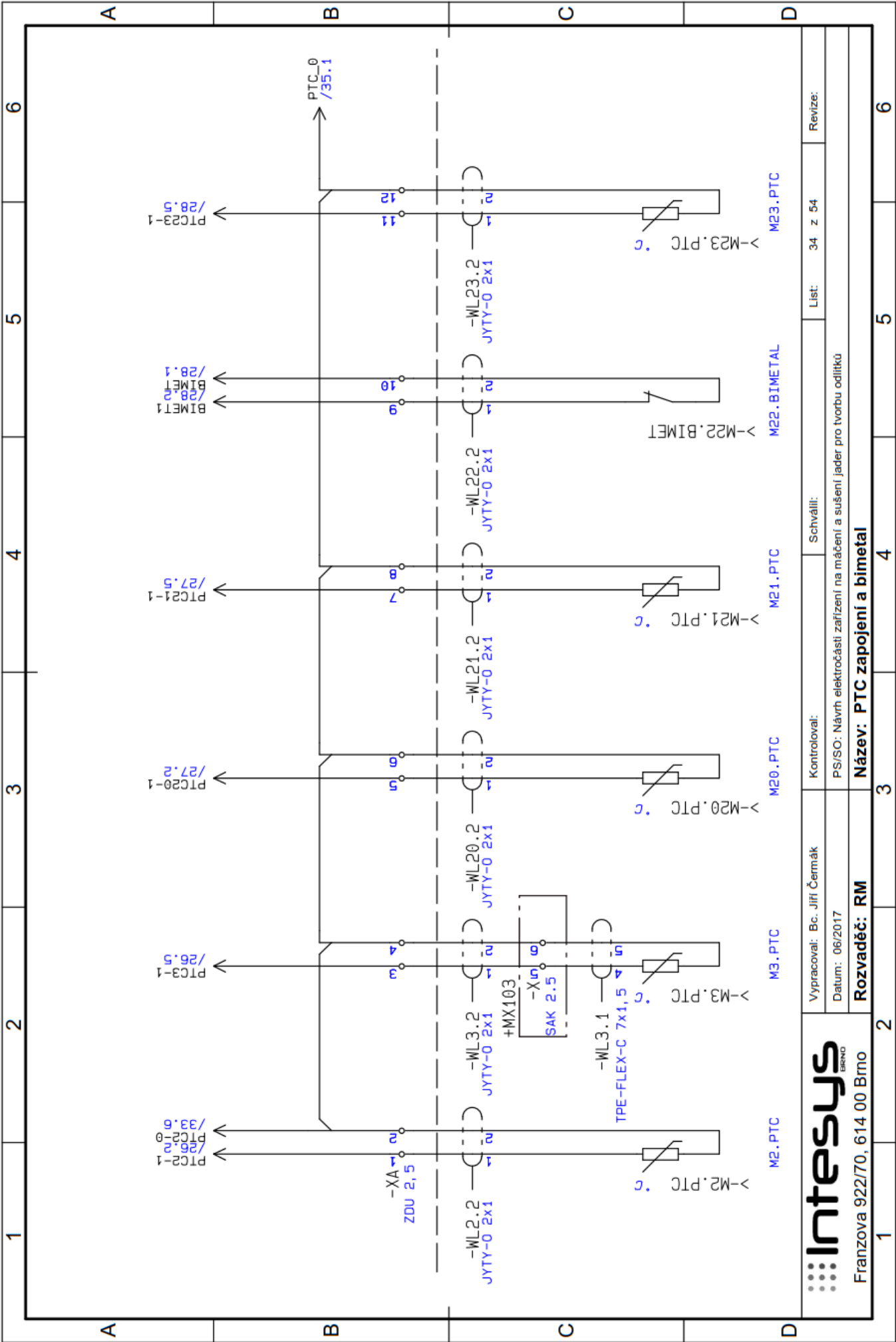


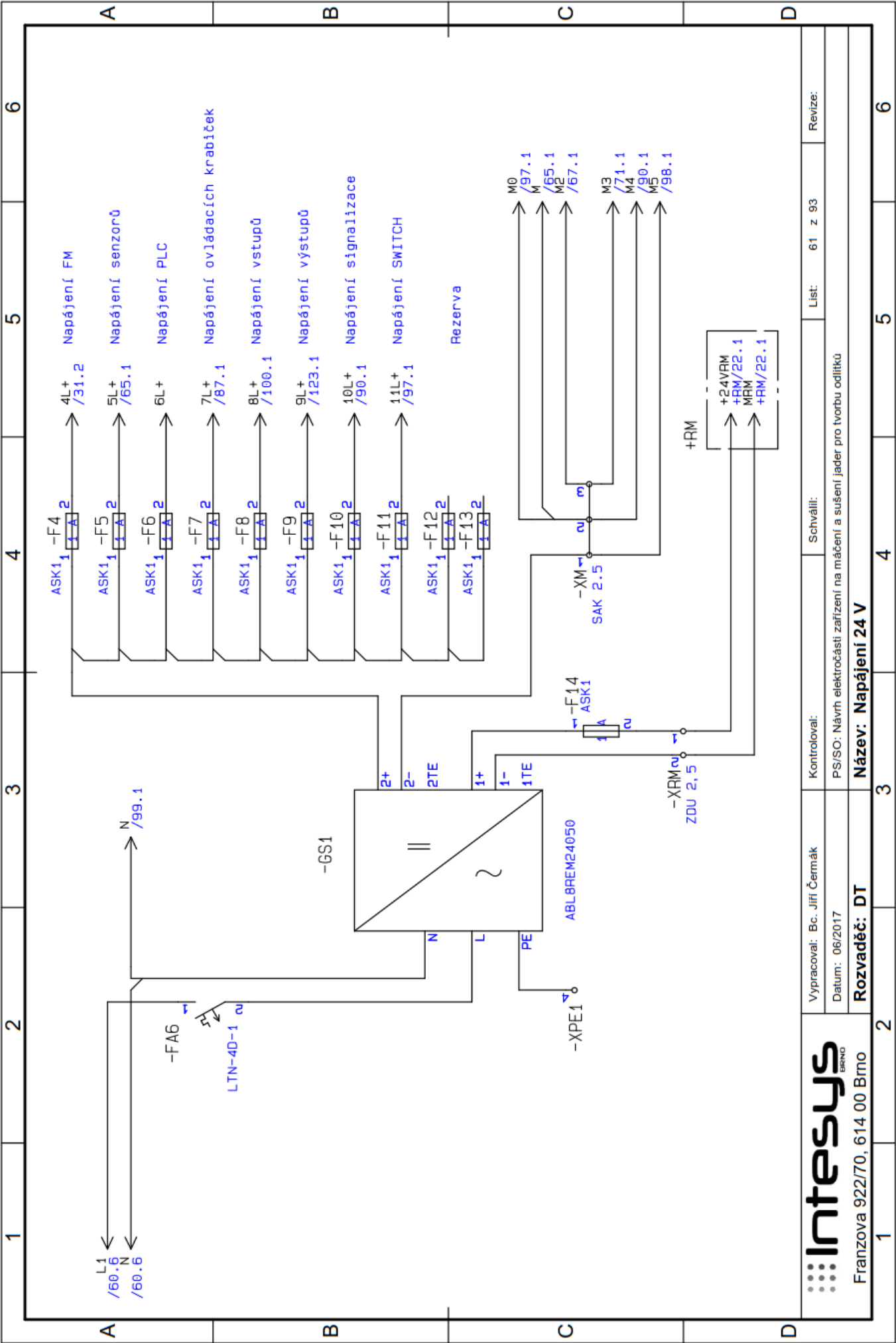


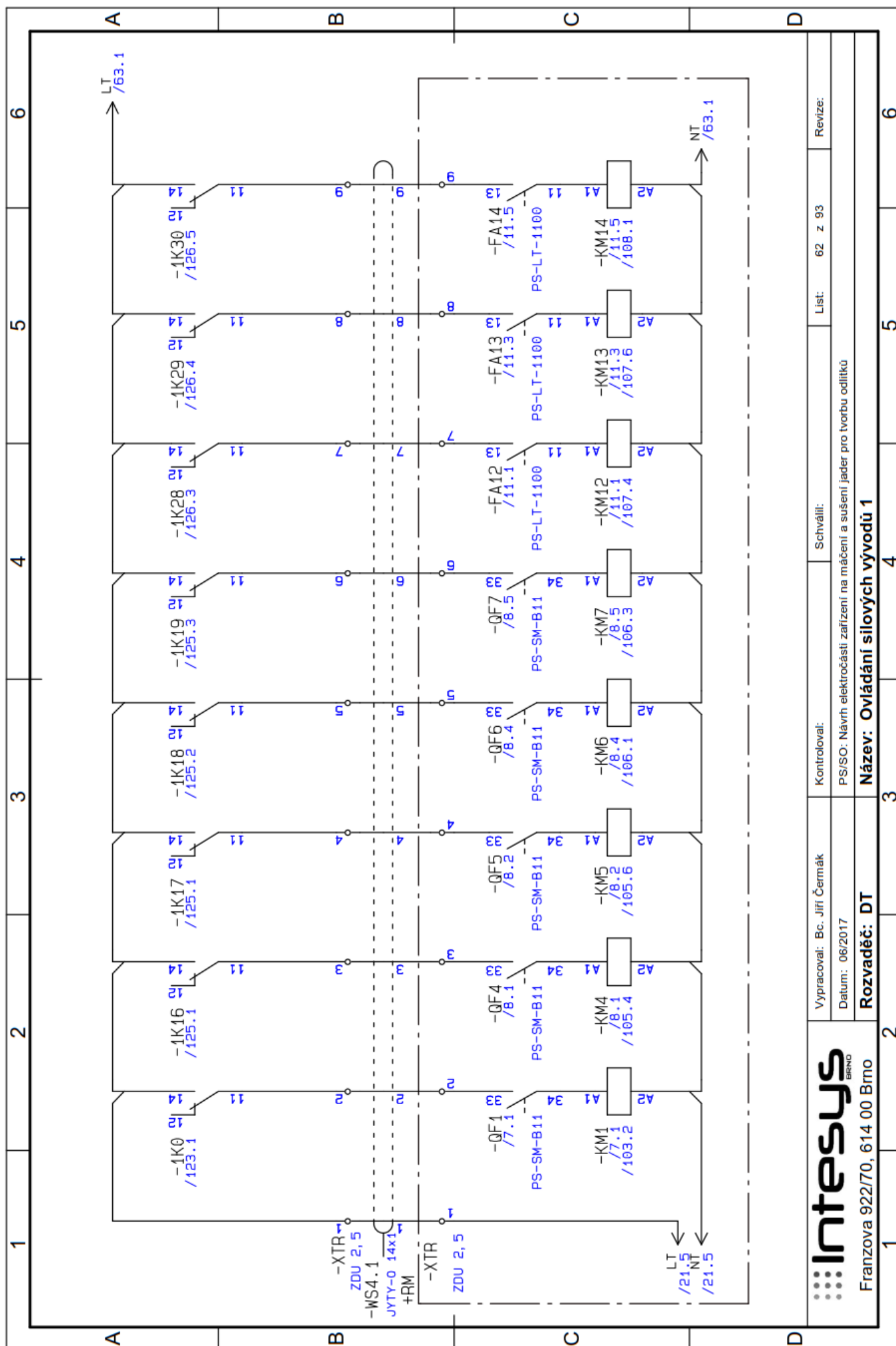


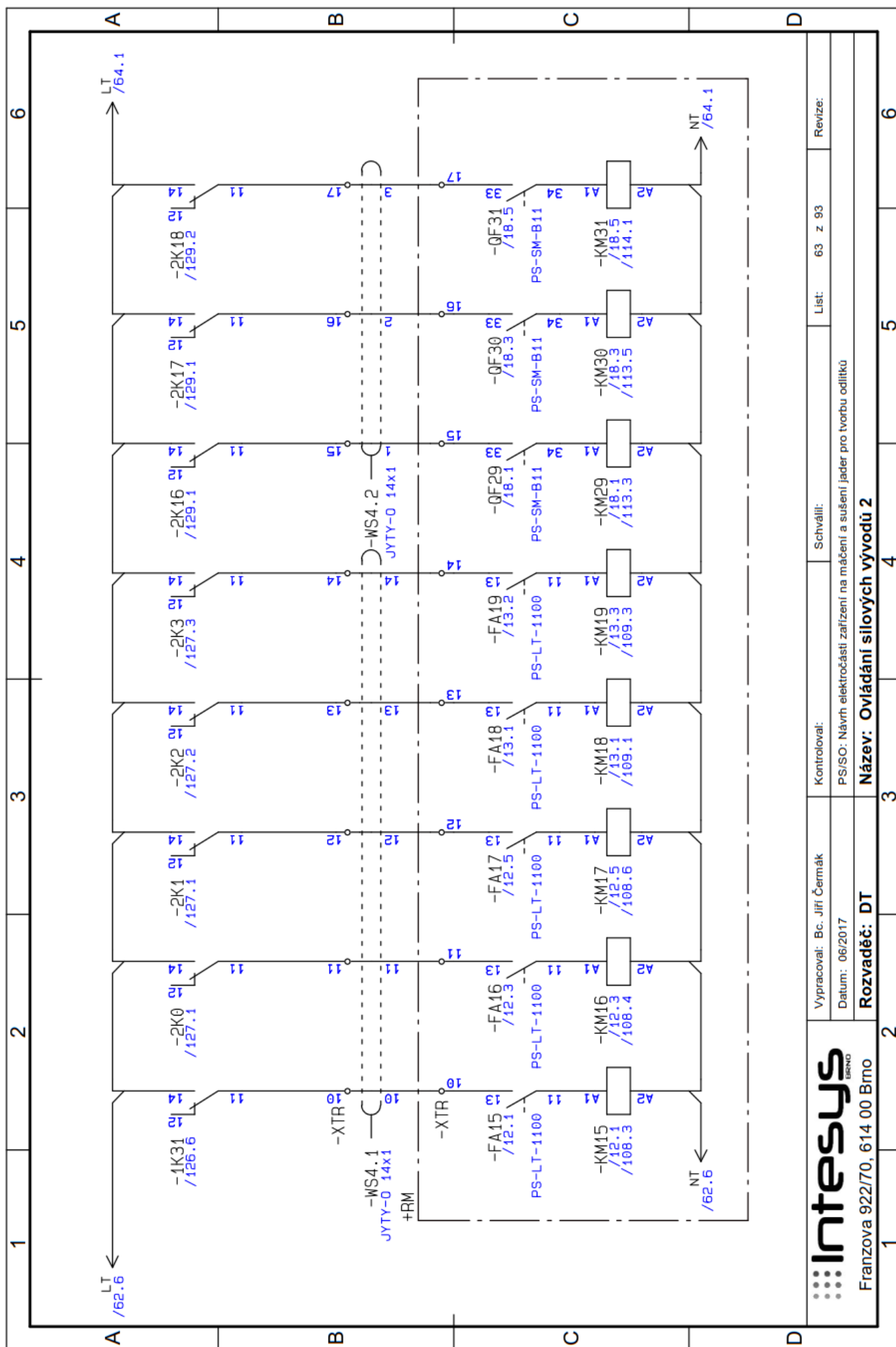




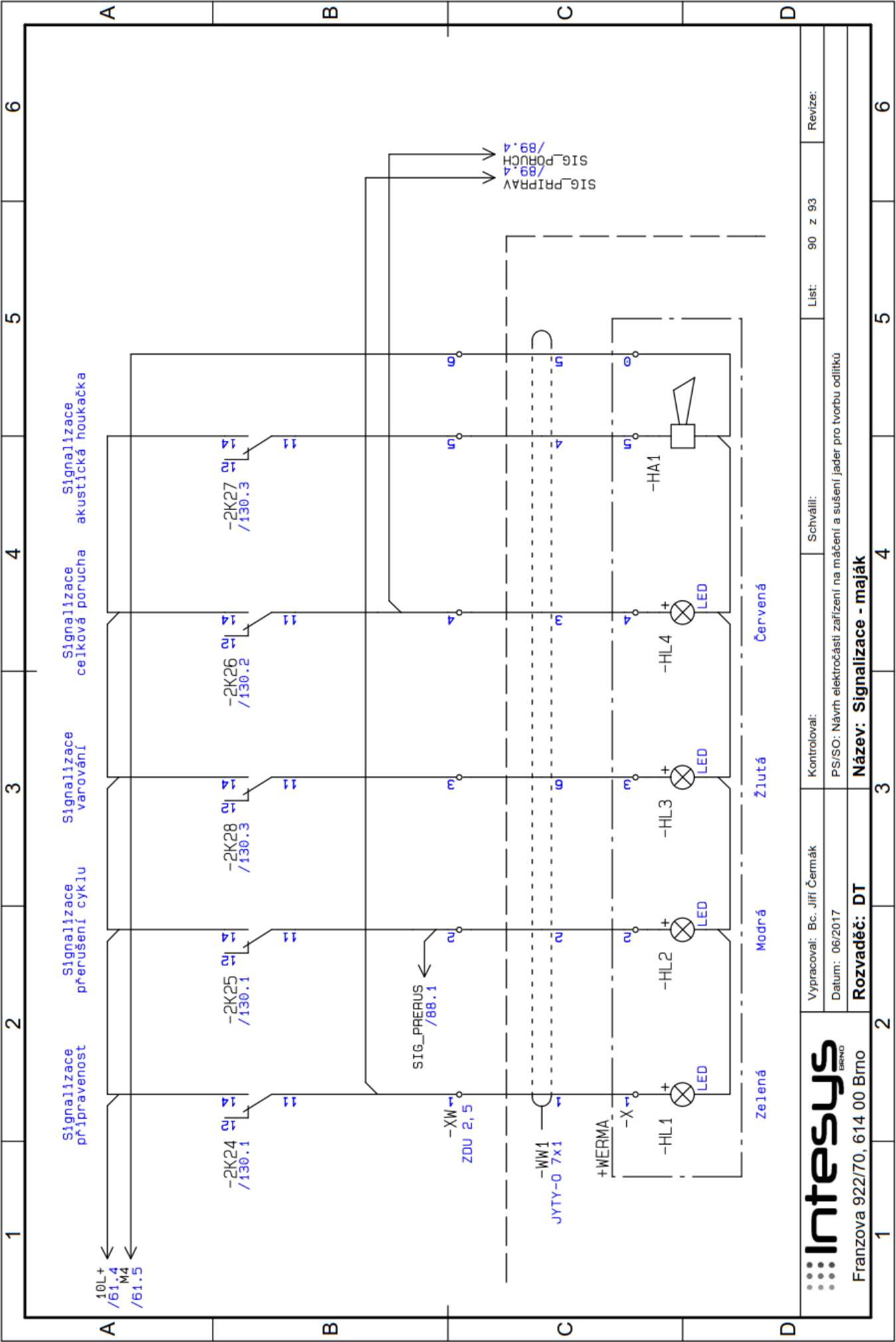


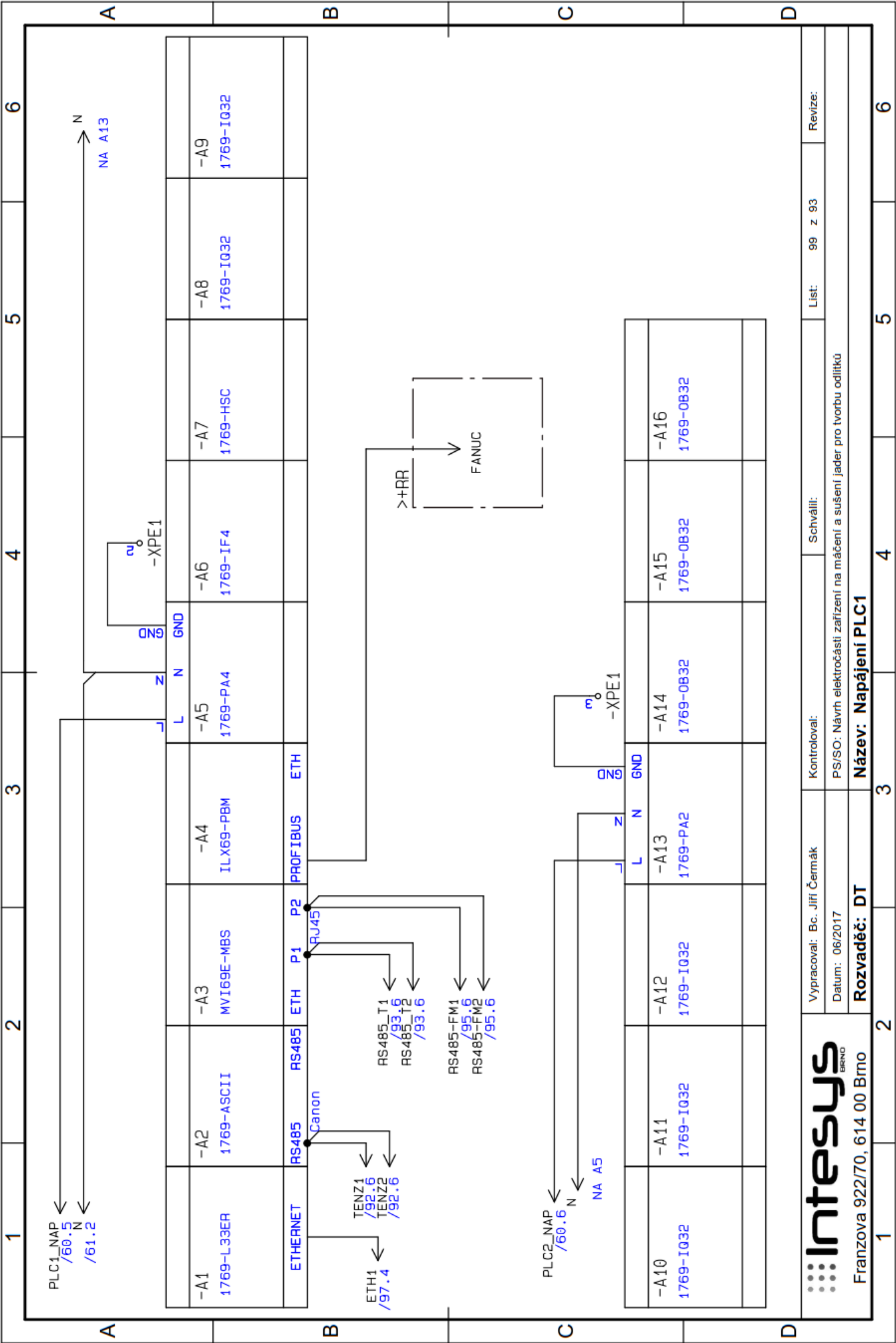












Franzova 922/70, 614 00 Brno

Rozvaděč: DT

Datum: 06/2017

Vypracoval: Bc. Jiří Čermák

Kontroloval:

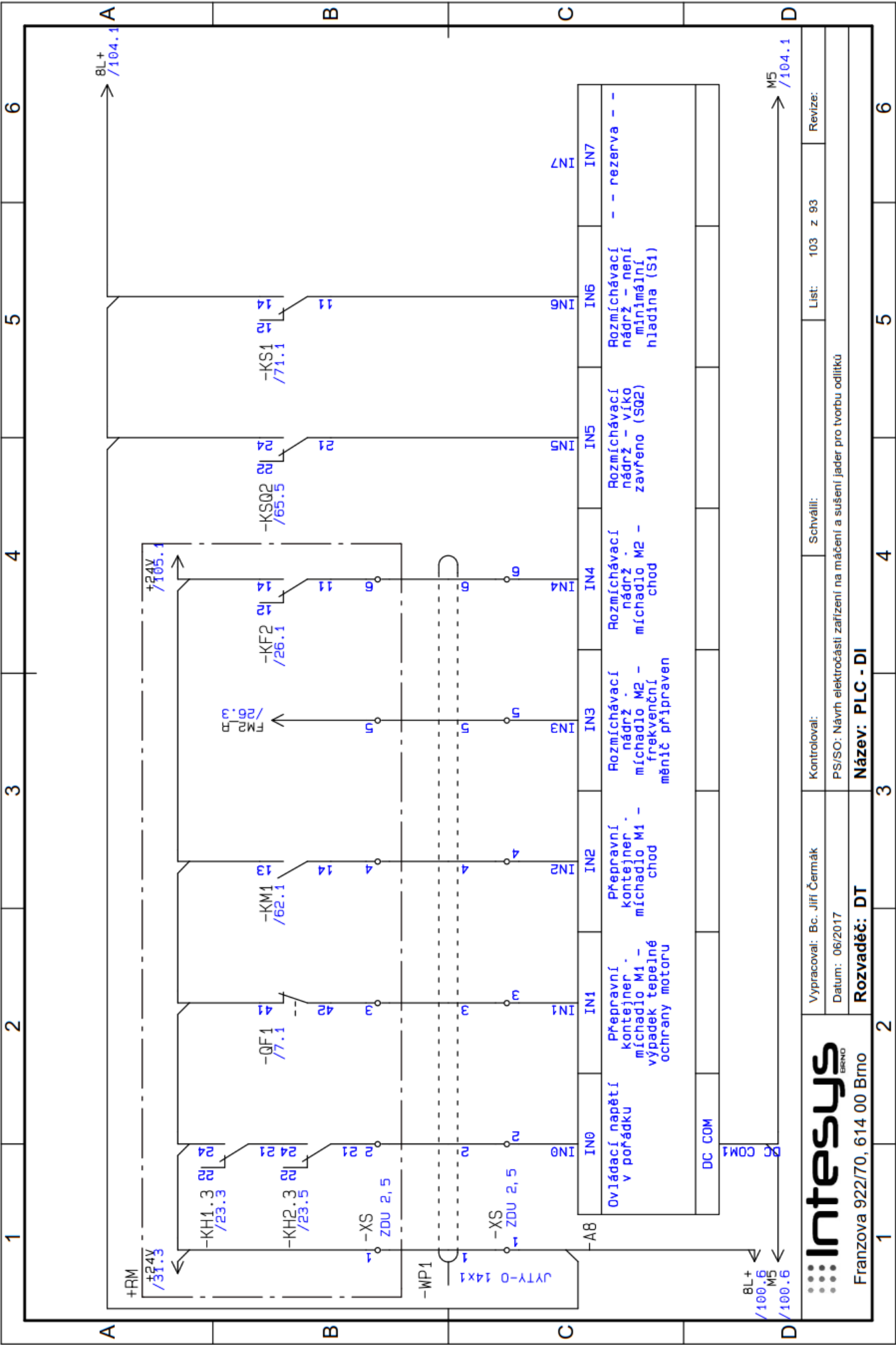
Schválil:

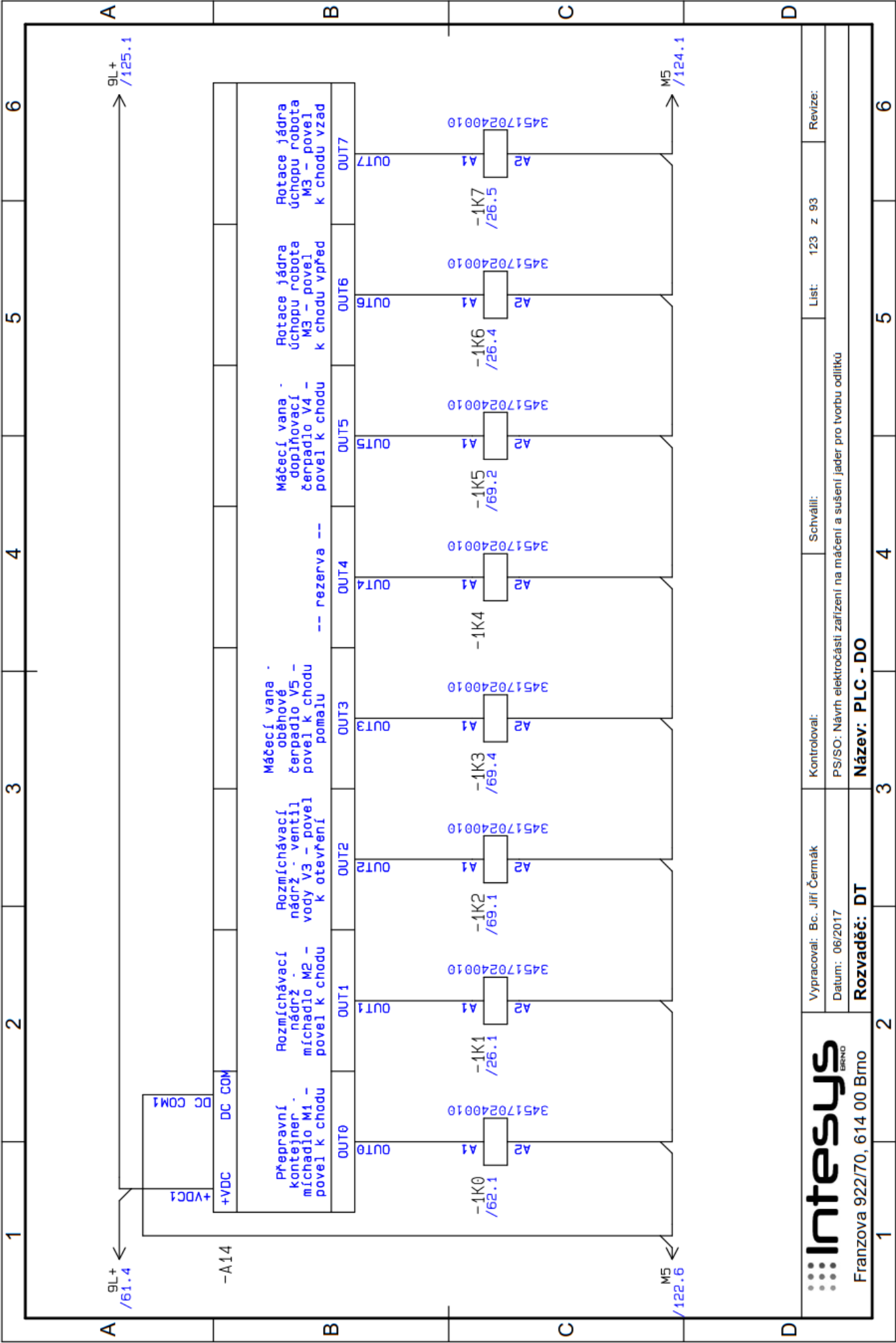
List: 99 z 93

Revize:

Název: Napájení PLC1

PS/SO: Návrh elektročásti zařízení na máčení a sušení jader pro tvorbu odlišků

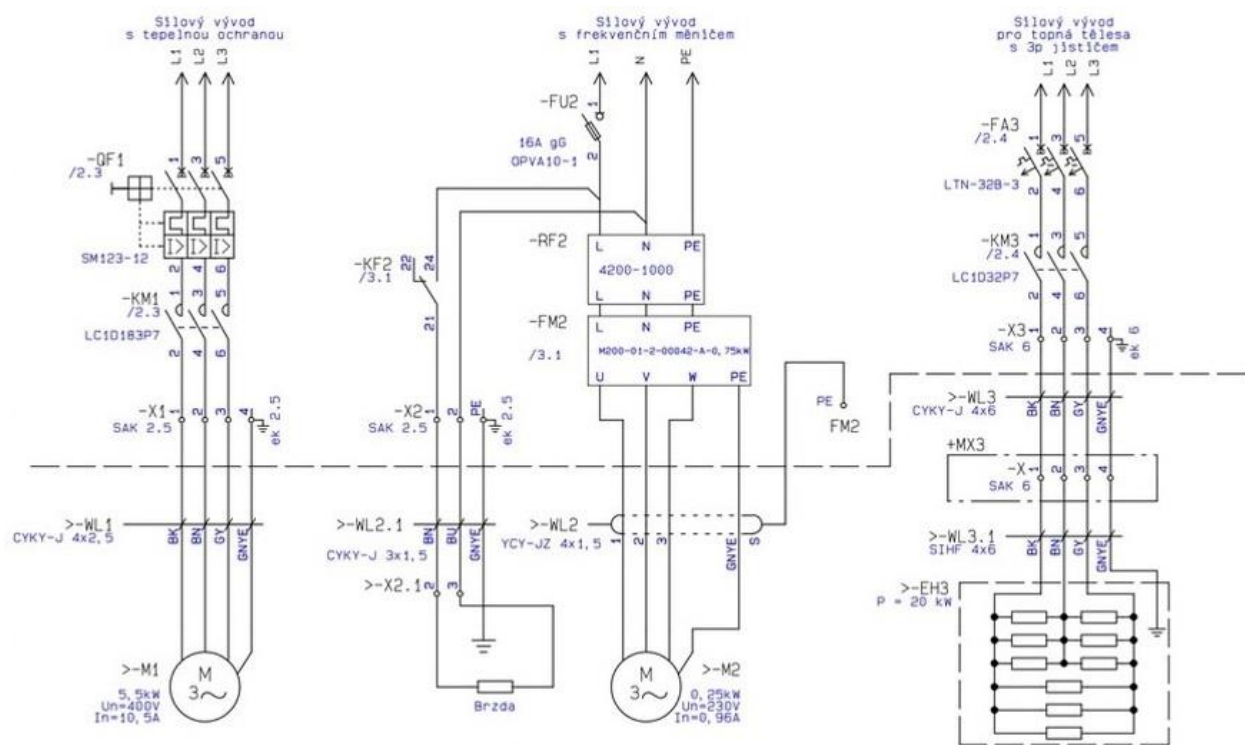




6.4.2 Kabely použité v projektu

V rámci celé linky je použito 142 kabelů. Návrh napájecích kabelů a jejich jištění je ověřeno výpočtovým programem SICH. Detailní výpočty jsou přiloženy jako příloha technické zprávy. Napájecí kabely jsou nejčastěji typu CYKY 4x2,5. K frekvenčním měničům jsou připojeny stíněné flexibilní kabely typu YCY-JZ 4x1,5. Za přepojovacími krabičkami jsou teplotně odolné kabely typu SIHF 4x6.

Signalizační a ovládací kabely z rozvaděče DT jsou nejčastěji kabely typu JYTY-O 2x1, JYTY-O 7x1 a JYTY-O 14x1. Datové a komunikační kabely jsou typu FTP cat.5e. V následující tabulce je soupis kabelů připojených do rozvaděče RM. Kompletní soupis kabelů je přiložen jako součást přílohy této diplomové práce.



Obr. 15: Příklad tří silových vývodů. První vývod pro oběhový ventilátor (typ kabelu CYKY), druhý vývod s frekvenčním měničem (typ kabelu YCY-JZ) a třetí vývod pro topné těleso (typ kabelu SIHF)

Tabulka 9: Výpis použitých kabelů připojených do rozvaděče RM

Kabel- značení	Kabel-typ	Délka [m]	Z =+RefZnačení	Z Prvek- značení	Do =+RefZnačení	Do Prvek- značení	Z/Do Vývod- umístění na výkresové dokumentaci
-WL1	CYKY-J 5x1,5	42	+RM	-X1		-XC1	/7.1
-WL1.1	H05VV-F 4 G 1,5	5		-XC1		-M1	/7.1
-WL2	YCY-JZ 4x1,5	38	+RM	-FM2		-M2	/7.3
-WL2.2	JYTY-O 2x1	38	+RM	-XA		-PTC2	/34.1
-WL3	YCY-JZ 4x1,5	13	+RM	-FM3	+MX103	-X	/7.5
-WL3.1	TPE-FLEX-C 7x1,5	10	+MX103	-X		-M3	/7.5
-WL3.2	JYTY-O 2x1	12	+RM	-XA	+MX103	-X	/34.1
-WL4	CYKY-J 4x2,5	25	+RM	-X4		-M4	/8.1
-WL5	CYKY-J 4x2,5	25	+RM	-X5		-M5	/8.2
-WL6	CYKY-J 4x2,5	25	+RM	-X6		-M6	/8.4
-WL7	CYKY-J 4x2,5	25	+RM	-X7		-M7	/8.5
-WL8	JYTY-O 7x1	25	+RM	-X8	+MX8	-X	/9.1
-WL8.1	3x0,75	1	+MX8	-X		-M8	/9.1
-WL8.2	3x0,75	1	+MX8	-X		-M8	/9.1
-WL9	JYTY-O 7x1	25	+RM	-X9	+MX9	-X	/9.4
-WL9.1	3x0,75	1	+MX9	-X		-M9	/9.4
-WL9.2	3x0,75	1	+MX9	-X		-M9	/9.4
-WL10	JYTY-O 7x1	25	+RM	-X10	+MX10	-X	/10.1
-WL10.1	3x0,75	1	+MX10	-X		-M10	/10.1
-WL10.2	3x0,75	1	+MX10	-X		-M10	/10.1
-WL11	JYTY-O 7x1	25	+RM	-X11	+MX11	-X	/10.4
-WL11.1	3x0,75	1	+MX11	-X		-M11	/10.4
-WL11.2	3x0,75	1	+MX11	-X		-M11	/10.4
-WL12	CYKY-J 4x6	16	+RM	-X12	+MX12	-X	/11.1
-WL12.1	SIHF 4x6	4	+MX12	-X		-EH12	/11.1
-WL13	CYKY-J 4x6	16	+RM	-X13	+MX13	-X	/11.3
-WL13.1	SIHF 4x6	4	+MX13	-X		-EH13	/11.3
-WL14	CYKY-J 4x6	14	+RM	-X14	+MX14	-X	/11.5
-WL14.1	SIHF 4x6	4	+MX14	-X		-EH14	/11.5
-WL15	CYKY-J 4x6	14	+RM	-X15	+MX15	-X	/12.1
-WL15.1	SIHF 4x6	4	+MX15	-X		-EH15	/12.1
-WL16	CYKY-J 4x6	16	+RM	-X16	+MX16	-X	/12.3
-WL16.1	SIHF 4x6	4	+MX16	-X		-EH16	/12.3
-WL17	CYKY-J 4x6	16	+RM	-X17	+MX17	-X	/12.5
-WL17.1	SIHF 4x6	4	+MX17	-X		-EH17	/12.5
-WL18	CYKY-J 4x6	14	+RM	-X18	+MX18	-X	/13.1
-WL18.1	SIHF 4x6	4	+MX18	-X		-EH18	/13.1
-WL19	CYKY-J 4x6	14	+RM	-X19	+MX19	-X	/13.2
-WL19.1	SIHF 4x6	4	+MX19	-X		-EH19	/13.2
-WL20	YCY-JZ 4x1,5	25	+RM	-FM20		-M20	/13.5
-WL20.1	CYKY-J 3x1,5	25	+RM	-X20		-X20.1	/13.4
-WL20.2	JYTY-O 2x1	25	+RM	-XA		-PTC20	/34.2
-WL21	YCY-JZ 4x1,5	25	+RM	-FM21		-M21	/14.1

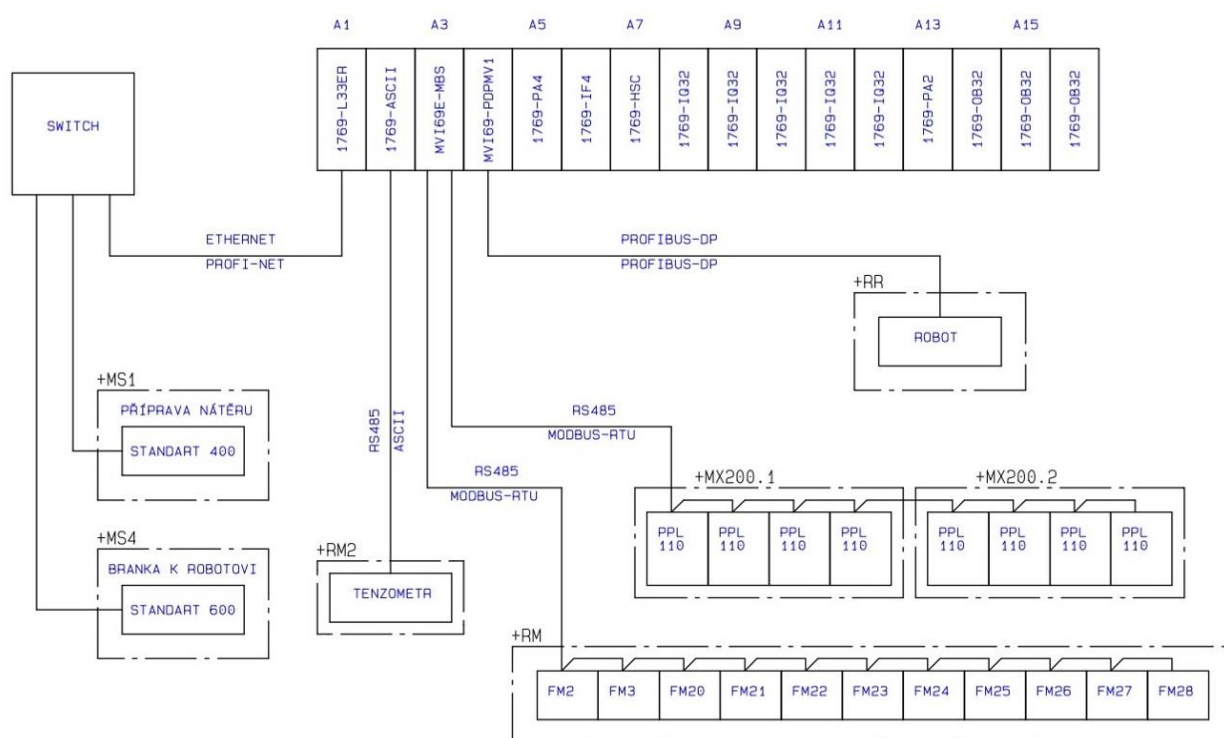
-WL21.1	CYKY-J 3x1,5	25	+RM	-X21		-X21.1	/14.1
-WL21.2	JYTY-O 2x1	25	+RM	-XA		-PTC21	/34.3
-WL22	YCY-JZ 4x1,5	16	+RM	-FM22		-M22	/14.4
-WL22.1	CYKY-J 3x1,5	16	+RM	-X22		-X22.1	/14.3
-WL22.2	JYTY-O 2x1	16	+RM	-XA		-BIMETAL	/34.4
-WL23	YCY-JZ 4x1,5	16	+RM	-FM23		-M23	/15.1
-WL23.1	CYKY-J 3x1,5	16	+RM	-X23		-X23.1	/15.1
-WL23.2	JYTY-O 2x1	16	+RM	-XA		-PTC23	/34.5
-WL24	YCY-JZ 4x1,5	16	+RM	-FM24		-M24	/15.4
-WL24.1	CYKY-J 3x1,5	16	+RM	-X24		-X24.1	/15.3
-WL24.2	JYTY-O 2x1	16	+RM	-XA		-PTC24	/35.1
-WL25	YCY-JZ 4x1,5	18	+RM	-FM25		-M25	/16.1
-WL25.1	CYKY-J 3x1,5	18	+RM	-X25		-X25.1	/16.1
-WL25.2	JYTY-O 2x1	18	+RM	-XA		-PTC25	/35.1
-WL26	YCY-JZ 4x1,5	18	+RM	-FM26		-M26	/16.4
-WL26.1	CYKY-J 3x1,5	18	+RM	-X26		-X26.1	/16.3
-WL26.2	JYTY-O 2x1	18	+RM	-XA		-PTC26	/35.2
-WL27	YCY-JZ 4x1,5	24	+RM	-FM27		-M27	/17.1
-WL27.1	CYKY-J 3x1,5	24	+RM	-X27		-X27.1	/17.1
-WL27.2	JYTY-O 2x1	24	+RM	-XA		-PTC27	/35.3
-WL28	YCY-JZ 4x1,5	24	+RM	-FM28		-M28	/17.4
-WL28.1	CYKY-J 3x1,5	24	+RM	-X28		-X28.1	/17.3
-WL28.2	JYTY-O 2x1	24	+RM	-XA		-PTC28	/35.4
-WL29	CYKY-J 4x1,5	20	+RM	-X29		-M29	/18.1
-WL30	CYKY-J 4x1,5	22	+RM	-X30		-M30	/18.3
-WL31	CYKY-J 4x1,5	24	+RM	-X31		-M31	/18.5
-WL32	CYKY-J 4x1,5	22	+RM	-X32		-M32	/19.1
-WL33	CYKY-J 3x1,5	42	+RM	-X33	+RM2	-X	/19.2
-WL34	CYKY-J 4x4	12	+RM	-X34	+RTR	-PRI	/19.4
-WL34.1	CYKY-J 4x4	2	+RTR	-T	+RR	-FANUC	/19.4
-WL35	CYKY-J 3x2,5	12	+RM	-X35	+RM	-3P	/19.5

6.4.3 Řídicí systém – PLC

Na základě řady konzultací byl řídicí systém zvolen od výrobce Allen Bradley. Hlavní řídicí jednotka je 1769-L33ER, rozšiřovací modul 1769-ASCII pro komunikaci RS485 s tenzometrickou váhou, MVI69E-MBS pro komunikaci s frekvenčními měniči a s převodníky teploty od čidel teploty uvnitř pece, modul ILX69-PBM pro komunikaci s robotem.

Pro vstupní karty je použit napájecí zdroj 1769-PA4 a 1769-PA2. Vstupní karta pro IRC měření je 1769-HSC, vstupní karta pro analogové měření je 1769-IF4. Pro digitální vstupy a výstupy jsou použity rozšiřující karty 1769-IQ32 a 1769-OB32.

V celé technologii budou umístěny dva dotykové panely pro ovládání celého zařízení. Jedná se o 2711P-T4W21D8S a 2711P-T6C221D8S. Jsou to dotykové panely komunikující po ethernetu umístěné v ovládacích skřínkách (rozvaděčích) MS1 a MS4.



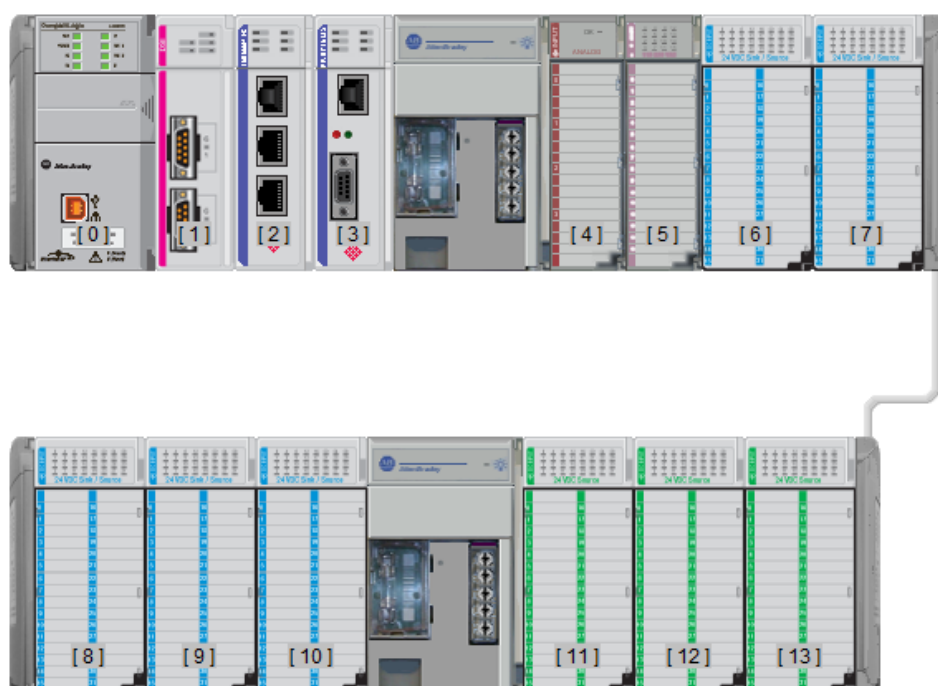
Obr. 16: Blokové schéma řídicího systému a komunikace celé automatizované linky

Detailní výkresy zapojení celého řídicího systému, jeho napájení, komunikace celé linky a zakreslené cesty jednotlivých signálů jsou součástí výkresů v kapitole přílohy.

Tabulka 10: Sestava řídicího systému

Projekční značení	Typ	Stručný popis
A1	1769-L33ER	Hlavní řídicí jednotka
A2	1769-ASCII	2 kanálová jednotka RS232/RS485
A3	MVI69E-MBS	MODBUS master/slave komunikační modul
A4	ILX69-PBM	PROFIBUS master komunikační modul
A5	1769-PA4	Napájecí zdroj 120/240 V AC, 4 A při 5VDC
A6	1769-IF4	4 kanálová analogová vstupní jednotka proud/napětí
A7	1769-HSC	2 kanálová jednotka rychlého čítače 1MHz
A8	1769-IQ32	32 bodová 24 VDC vstupní jednotka

A9	1769-IQ32	32 bodová 24 VDC vstupní jednotka
	1769-CRR1	Kabel pro připojení "zprava doprava", 1 m
	1769-ECL	Zakončovací krytka levá
A10	1769-IQ32	32 bodová 24 VDC vstupní jednotka
A11	1769-IQ32	32 bodová 24 VDC vstupní jednotka
A12	1769-IQ32	32 bodová 24 VDC vstupní jednotka
A13	1769-PA2	Napájecí zdroj 120/240V AC, 2A při 5V DC
A14	1769-OB32	32 bodová 24 VDC výstupní jednotka se společnou zemí
A15	1769-OB32	32 bodová 24 VDC výstupní jednotka se společnou zemí
A16	1769-OB32	32 bodová 24 VDC výstupní jednotka se společnou zemí



Obr. 17: Sestava řídicího systému podle konfigurace firmy Allen Bradley

Na řídicí systém budou přivedeny z technologie přes vazební relé signály diagnostikující stav celého zařízení. Jedná se například o signalizaci chodu pohonu, výpadek napájení pohonu, přítomnost jádra na základacím stole, přítomnost jádra na paletě na vstupu sušící pece a mnohé další. Přes vazební relé budou vydávány z rozvaděče DT tyto povely. Například povel k chodu pohonu, povel k zastavení pohonu a další. Následující tabulka obsahuje seznam všech povelů v lince na máčení a sušení jader. Kompletní databáze signálů je přiložena jako součást přílohy této diplomové práce.

Tabulka 11: Databáze povelů automatizované linky na máčení a sušení jader

Značení I/O	Název signálu	Prvek signálu/povelu
OUT0	Přepravní kontejner – míchadlo M1 - povel k chodu	1K0
OUT1	Rozmíchávací nádrž – míchadlo M2 - povel k chodu	1K1
OUT2	Rozmíchávací nádrž – ventil vody V3 - povel k otevření	1K2
OUT3	Máčecí vana – oběhové čerpadlo V5 - povel k chodu pomalu	1K3
OUT4	-- rezerva --	1K4

OUT5	Rozmíchávací nádrž – doplňovací čerpadlo V4 - povel k chodu	1K5
OUT6	Rotace jádra úchopu robota M3 - povel k chodu vpřed	1K6
OUT7	Rotace jádra úchopu robota M3 - povel k chodu vzad	1K7
OUT8	Úchop jádra robota V6 - povel k otevření	1K8
OUT9	-- rezerva --	1K9
OUT10	-- rezerva --	1K10
OUT11	-- rezerva --	1K11
OUT12	-- rezerva --	1K12
OUT13	-- rezerva --	1K13
OUT14	-- rezerva --	1K14
OUT15	-- rezerva --	1K15
OUT16	Sušicí pec 1 - Oběhový ventilátor M4 - povel k chodu	1K16
OUT17	Sušicí pec 1 - Oběhový ventilátor M5 - povel k chodu	1K17
OUT18	Sušicí pec 2 - Oběhový ventilátor M6 - povel k chodu	1K18
OUT19	Sušicí pec 2 - Oběhový ventilátor M7 - povel k chodu	1K19
OUT20	Sušicí pec 1 – klapka odsávání M8 - povel k otevírání	1K20
OUT21	Sušicí pec 1 – klapka odsávání M8 - povel k zavírání	1K21
OUT22	Sušicí pec 1 – klapka odsávání M9 - povel k otevírání	1K22
OUT23	Sušicí pec 1 – klapka odsávání M9 - povel k zavírání	1K23
OUT24	Sušicí pec 2 – klapka odsávání M10 - povel k otevírání	1K24
OUT25	Sušicí pec 2 – klapka odsávání M10 - povel k zavírání	1K25
OUT26	Sušicí pec 2 – klapka odsávání M11 - povel k otevírání	1K26
OUT27	Sušicí pec 2 – klapka odsávání M11 - povel k zavírání	1K27
OUT28	Sušicí pec 1 – topné těleso EH12 - povel k chodu	1K28
OUT29	Sušicí pec 1 – topné těleso EH13 - povel k chodu	1K29
OUT30	Sušicí pec 1 – topné těleso EH14 - povel k chodu	1K30
OUT31	Sušicí pec 1 – topné těleso EH15 - povel k chodu	1K31
OUT0	Sušicí pec 2 – topné těleso EH16 - povel k chodu	2K0
OUT1	Sušicí pec 2 – topné těleso EH17 - povel k chodu	2K1
OUT2	Sušicí pec 2 – topné těleso EH18 - povel k chodu	2K2
OUT3	Sušicí pec 2 – topné těleso EH19 - povel k chodu	2K3
OUT4	Sušicí pec 1 – oběžný dopravník M20 - povel k chodu	2K4
OUT5	Sušicí pec 1 – oběžný dopravník M20 - rychlé zastavení	2K5
OUT6	Sušicí pec 2 – oběžný dopravník M21 - povel k chodu	2K6
OUT7	Sušicí pec 2 – oběžný dopravník M21 - rychlé zastavení	2K7
OUT8	Sušicí pec 1 – aretační zarážka V1.1 - povel k vysunutí	2K8
OUT9	Sušicí pec 2 – aretační zarážka V2.1 - povel k vysunutí	2K9
OUT10	Zakládací zařízení – posun M22 - povel k chodu vpřed	2K10
OUT11	Zakládací zařízení – posun M22 - povel k chodu vzad	2K11
OUT12	Zakládací zařízení – posun M22 - rychlé zastavení	2K12
OUT13	Ventil ofuku zakládacího stolu V7 - povel k otevření	2K13

OUT14	Ventil ofuku jader na základacím stole V8 - povel k otevření	2K14
OUT15	-- rezerva --	2K15
OUT16	Chladicí dopravník M29 - povel k chodu	2K16
OUT17	Chladicí dopravník M30 - povel k chodu	2K17
OUT18	Chladicí dopravník M31 - povel k chodu	2K18
OUT19	Chladicí ventilátor M32 - povel k chodu	2K19
OUT20	Sušicí pec 1 – kartáč čištění palet V1.4 - povel k vysunutí	2K20
OUT21	Sušicí pec 2 – kartáč čištění palet V2.4 - povel k vysunutí	2K21
OUT22	-- rezerva --	2K22
OUT23	-- rezerva --	2K23
OUT24	Signalizace - připravenost	2K24
OUT25	Signalizace - přerušení cyklu	2K25
OUT26	Signalizace - celková porucha	2K26
OUT27	Signalizace - akustická houkačka	2K27
OUT28	Signalizace - varování.	2K28
OUT29	-- rezerva --	2K29
OUT30	-- rezerva --	2K30
OUT31	-- rezerva --	2K31
OUT0	Překládací zařízení sušicí pece 1 - zdvih M27 - povel k chodu nahoru	3K0
OUT1	Překládací zařízení sušicí pece 1 - zdvih M27 - povel k chodu dolů	3K1
OUT2	Překládací zařízení sušicí pece 1 - zdvih M27 - povel k rychlému zastavení	3K2
OUT3	Překládací zařízení sušicí pece 1 - uchopovač V1.5 - povel k otevření	3K3
OUT4	Překládací zařízení sušicí pece 2 - zdvih M28 - povel k chodu nahoru	3K4
OUT5	Překládací zařízení sušicí pece 2 - zdvih M28 - povel k chodu dolů	3K5
OUT6	Překládací zařízení sušicí pece 2 - zdvih M28 - povel k rychlému zastavení	3K6
OUT7	Překládací zařízení sušicí pece 2 - uchopovač V2.5 - povel k otevření	3K7
OUT8	Posuv palety do sušicí pece 1 - posun M23 - povel k chodu do pece	3K8
OUT9	Posuv palety do sušicí pece 1 - posun M23 - povel k chodu z pece	3K9
OUT10	Posuv palety do sušicí pece 1 - posun M23 - povel k rychlému zastavení	3K10
OUT11	Posuv palety do sušicí pece 1 - zdvih palety V1.2 - povel ke zdvihu	3K11
OUT12	Posuv palety do sušicí pece 2 - posun M24 - povel k chodu do pece	3K12
OUT13	Posuv palety do sušicí pece 2 - posun M24 - povel k chodu z pece	3K13
OUT14	Posuv palety do sušicí pece 2 - posun M24 - povel k rychlému zastavení	3K14
OUT15	Posuv palety do sušicí pece 2 - zdvih palety V2.2 - povel ke zdvihu	3K15
OUT16	Posuv palety ze sušicí pece 1 - posun M25 - povel k chodu z pece	3K16
OUT17	Posuv palety ze sušicí pece 1 - posun M25 - povel k chodu z pece	3K17
OUT18	Posuv palety ze sušicí pece 1 - posun M25 - povel k rychlému zastavení	3K18
OUT19	Posuv palety ze sušicí pece 1 - zdvih palety V1.3 - povel ke zdvihu	3K19
OUT20	Posuv palety ze sušicí pece 2 - posun M26 - povel k chodu z pece	3K20
OUT21	Posuv palety ze sušicí pece 2 - posun M26 - povel k chodu z pece	3K21
OUT22	Posuv palety ze sušicí pece 2 - posun M26 - povel k rychlému zastavení	3K22

OUT23	Posuv palety ze sušící pece 2 - zdvih palety V2.3 - povel ke zdvihu	3K23
OUT24	-- rezerva --	Neosazeno
OUT25	-- rezerva --	Neosazeno
OUT26	-- rezerva --	Neosazeno
OUT27	-- rezerva --	Neosazeno
OUT28	-- rezerva --	Neosazeno
OUT29	-- rezerva --	Neosazeno
OUT30	-- rezerva --	Neosazeno
OUT31	-- rezerva --	Neosazeno

6.5 Návrh zařízení

6.5.1 Energetická bilance

Tabulka 12: Energetická bilance automatizované linky

Projekční značení	Výkon P [kW]	Účinník $\cos(\phi)$ [-]	Proud I [A]
RM (Vlastní spotřeba)	0,500	0,80	0,869
M1	1,500	0,60	3,478
M2	1,500	0,60	3,478
M3	0,090	0,60	0,208
M4	5,500	0,75	10,202
M5	5,500	0,75	10,202
M6	5,500	0,75	10,202
M7	5,500	0,75	10,202
M8	0,002	0,70	0,011
M9	0,002	0,70	0,011
M10	0,002	0,70	0,011
M11	0,002	0,70	0,011
EH12	20,00	1	27,824
EH13	16,00	1	22,259
EH14	20,00	1	27,824
EH15	16,00	1	22,259
EH16	20,00	1	27,824
EH17	16,00	1	22,259
EH18	20,00	1	27,824
EH19	16,00	1	22,259
M20	2,200	0,70	4,372
M21	2,200	0,70	4,372
M22	0,250	0,70	0,496
M23	0,250	0,70	0,496
M24	0,250	0,70	0,496
M25	0,250	0,70	0,496
M26	0,250	0,70	0,496
M27	0,550	0,70	1,093
M28	0,550	0,70	1,093
M29	0,550	0,25	3,060
M30	0,550	0,25	3,060
M31	0,550	0,25	3,060
M32	1,100	0,65	2,354
TENZ33	0,100	1	0,416
FANUC	2,500	0,70	4,968
DT (vlastní spotřeba)	1,000	0,80	5,208
Světla	1,000	1	1,391
Celkem	183,698	0,893	286,160

V předchozí tabulce je součet výkonů jednotlivých zařízení této linky a jejich odběrové proudy. Účinník je uvažován podle katalogových údajů pro jednotlivá zařízení nebo podle zažitých zvyklostí. Z této tabulky je patrné, že:

Celkový instalovaný příkon

$$P_i = 183,7 \text{ kW} \doteq 184 \text{ kW} \quad (5)$$

Součinitel soudobosti s ohledem na skutečnost, že všechna zařízení běží současně je roven.

$$\beta = 1$$

Výpočtové zatížení je

$$P_p = P_i * B = 184 * 1 \doteq 184 \text{ kW} \quad (6)$$

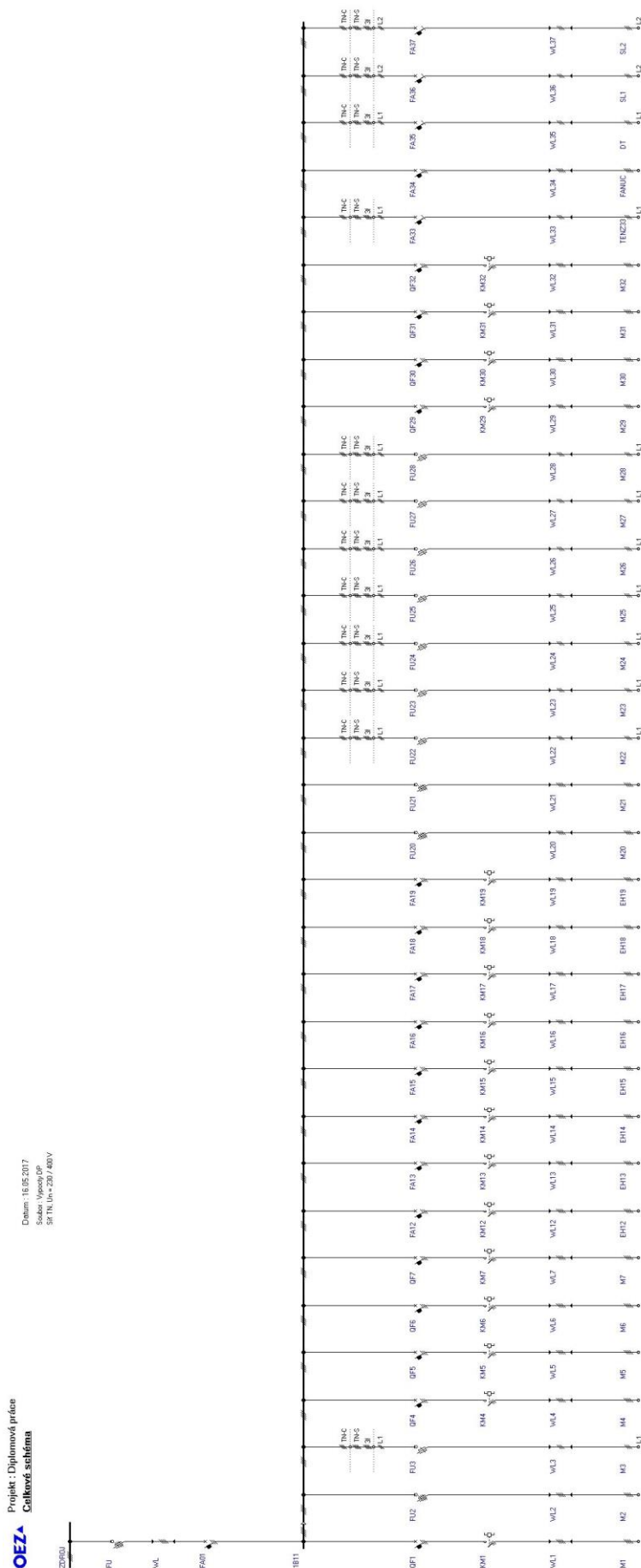
Vypočítaný proud jedním zařízením

$$I = \frac{P * 1000}{\sqrt{3} * U * \cos(\varphi)} = \frac{0,500 * 1000}{\sqrt{3} * 405 * 0,8} = 0,87 \text{ A} \quad (7)$$

6.5.2 Návrh silových vývodů a ověření jejich správnosti

Pro všechny silové vývody z rozvaděče RM v kapitole „Soupis jednotlivých zařízení linky“ byla ve výpočtovém programu SICHR ověřena správnost návrhu zařízení. Detailní výstup z výpočtového programu SICHR je přiložen v příloze technické zprávy. Technická zpráva tvoří přílohu této diplomové práce. Pro názornost je přiložen přehled parametrů a výpočtů jednoho paprsku. Jedná se o vývod M4 – Sušící pec 1 oběhový ventilátor.

QF4 In = 12 A	SM123-12 IR = 12 A	Icu = 50 kA io = 4.78 kA	IR = 12 A (1.00x12 A), li = 156 A Zs(0,4s) = 1.36 Ohm, Ia = 170 A, R(50V/5s) = 507 mOhm FA01-QF4 zaručena plná selektivita
KM4 In = 17 A	ST253-17-A230 Ie = 17 A		Kategorie užití AC-2, AC-3, Typ koordinace " 1 "
WL4 Iz = 25 A dU = 1.1 %	CYKY4x2,5 tm = 44 ° C I2t < k2S2	Ik"= 977 A ip = 1.41 kA	30 m ve vzduchu (E) O.K. Zsv < Zs(0,4s) (557 mOhm < 1.36 Ohm) Teplota okolí [st. C] : 30 Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů na lávce, žebříku či roštu : 1 Uspořádání seskupených obvodů : V jedné vrstvě volně Počet lávek, žebříků či roštů : 1
M4 Vývod P= 5.5 kW xB = 5.5 kW cos fi = 0.75 I = 10.6 A B = 1 U = 396 V (Un - 1.0%)		Ik"= 977 A ip = 1.41 kA	O.K. Zsv < Zs(0,4s) (557 mOhm < 1.36 Ohm)

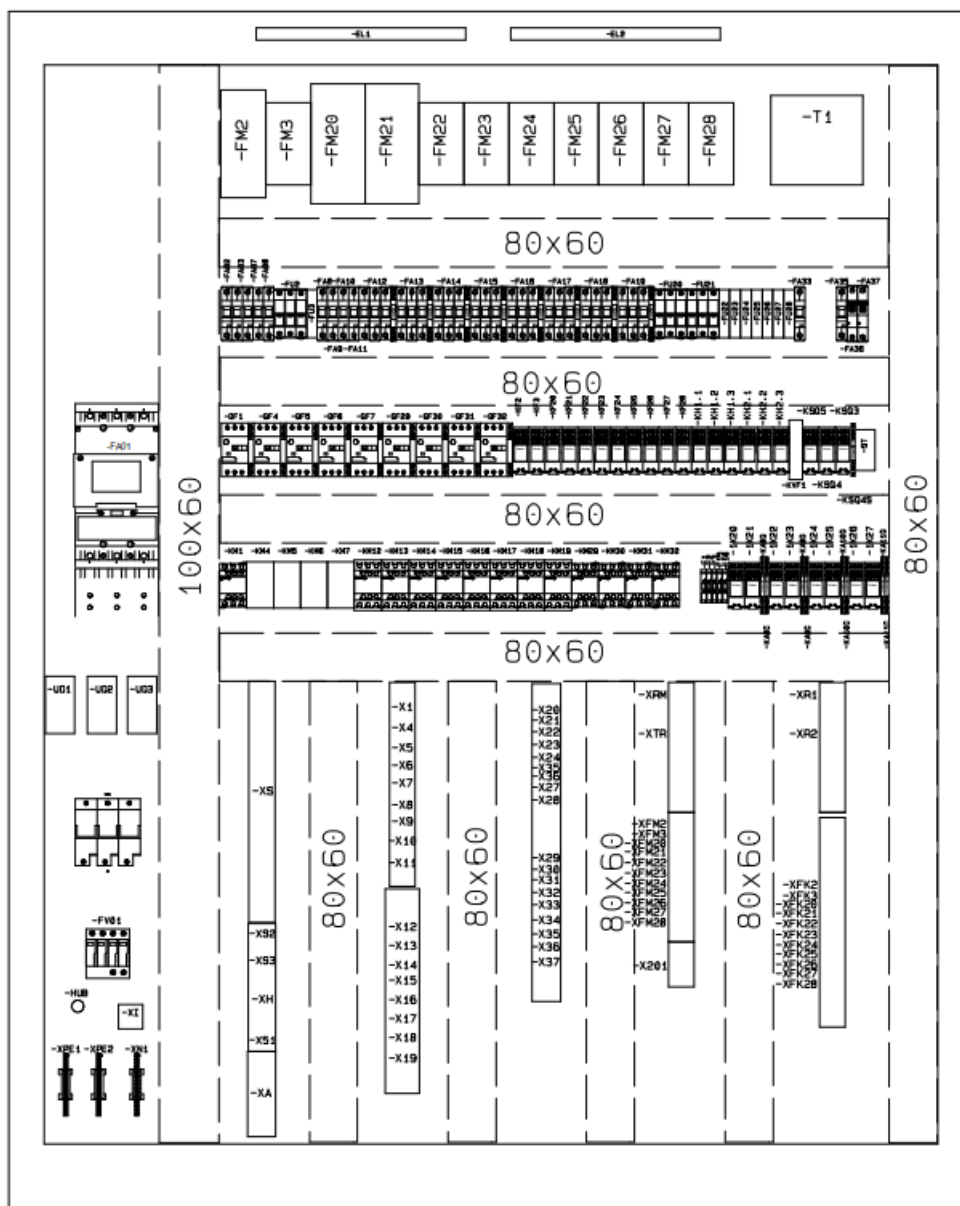


Obr. 18: Celkové schéma navrženého zařízení v programu SICHR

6.6 Rozvaděče

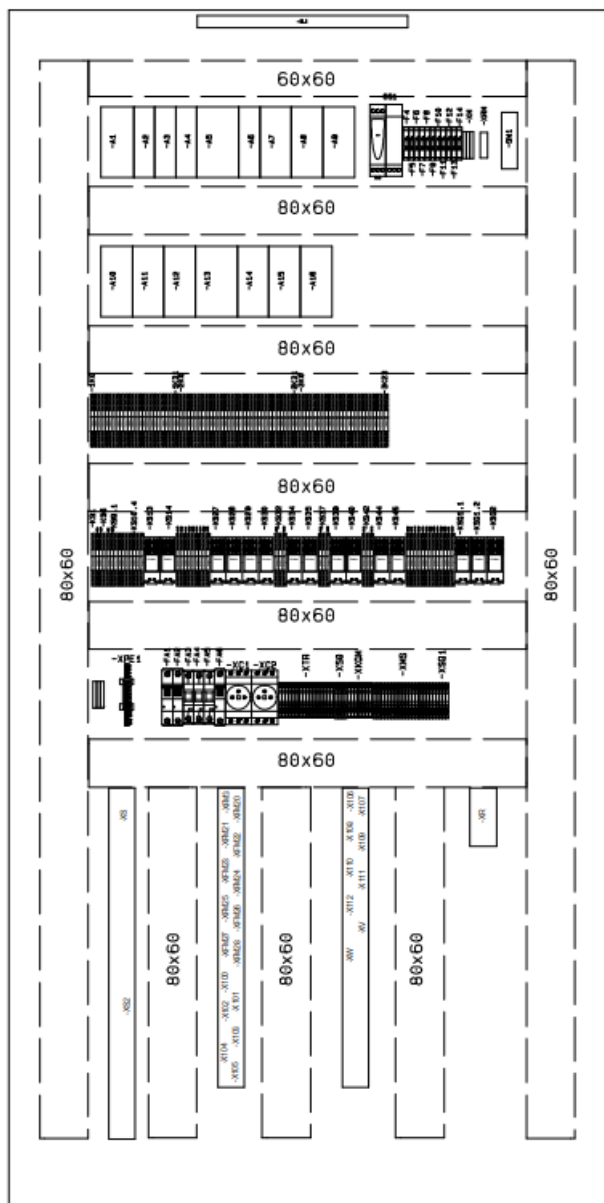
6.6.1 Rozvaděč RM

Rozvaděč je oceloplechového skříňového provedení s rozměry 2000x1600x400 mm v krytí IP54 při zavřených dveřích rozvaděče. Při otevřených dveřích má rozvaděč stupeň krytí IP20. Rozvaděč obsahuje hlavní vypínač od firmy OEZ. Přívodní napájecí kabel je přiveden shora přes vývodku. Rozvaděč dále obsahuje jednotlivé silové vývody, které jsou realizovány spodem, a které jsou osazeny pojistkovými odpínači s pojistkami, motorovými spouštěči a stykači, frekvenčními měniči. Pro připojení kabelů rozvaděč obsahuje šroubové svorkovnice. Rozvaděč obsahuje oddělovací transformátor 415/230 V pro napájení ovládacích obvodů – cívek stykačů na silových vývodech a kontakty vazebních relé.



6.6.2 Rozvaděč DT

Rozvaděč je oceloplechového skříňového provedení s rozměry 2000x1000x400 v krytí IP54. Řídicí systém je PLC od výrobce Allen Bradley. Pro potřeby ovládání jsou v tomto rozvaděči pomocná vazební relé galvanicky oddělující vstupy a výstupy řídicího systému od technologie.



Obr. 20: Návrh rozmístění přístrojů v řídicím rozvaděči DT

6.6.3 Rozvaděč MS1

Jedná se o rozvaděč pro ruční ovládání pracoviště přípravy nátěru. Rozvaděč obsahuje dotykový display, přepínače režimu ručně/automaticky a tlačítko doplnění vody. Pro připojení kabelů je rozvaděč osazen jednotlivými svorkovnicemi.

6.6.4 Rozvaděč MS4

Jedná se o rozvaděč pro nastavování parametrů celé linky na máčení a sušení jader. Rozvaděč obsahuje dotykový display, tlačítko připravenosti, signalizaci celkové poruchy a tlačítko nouzového vypnutí. Pro připojení kabelů je rozvaděč osazen jednotlivými svorkovnicemi.

6.7 Zhodnocení zařízení

V rámci vytváření projektu byl naceněn materiál na výrobu celého zařízení. Při vytváření rozpočtu na celou akci bylo zjištěno, že materiál na výrobu rozvaděčů a přepojovacích skříněk má hodnotu 502 043 Kč. Navržené kabely a materiál pro smontování kabelových tras má hodnotu 60 139 Kč. Pracnost výroby rozvaděčů a přepojovacích skříněk byla odhadnuta na 350 hod. a pracnost montáže kabelových tras, tahání a zakončování kabelů bylo odhadnuto na 180 hod. Při nacenění hodiny práce 300 Kč/hod. tak celé zařízení vyjde na 721 182 Kč.

Toto navržené zařízení výrazně přispěje ke zefektivnění provozu celé slévárny. Automatizovaná linka pracující s robotem nahradí drahou ruční práci. Velkým přispěním k zefektivnění provozu je také zaručená rovnoměrnost nánosu barvy na máčené jádro a přesně určená doba potřebná k odkapání barvy z tohoto jádra, což nedokáže pracovník vykonávající ruční práci v žádném případě zaručit.

Výkon linky je plánovaný na 500 namočených a vysušených jader za hodinu. Linka by měla být v provozu šest hodin týdně, během kterých vyrobí 3 000 namočených a vysušených jader. Při ručním namáčení jader by pracovník dokázal v ideálním případě ručně vyrobít cca 100-120 nalakovaných jader za hodinu. To znamená, že stejné množství jader jako robot by pracovník vyrobil za 25 až 30 hodin práce. Díky této lince však může pracovník věnovat šest hodin pracovní doby máčení a sušení jader a zbylý čas může pracovat na jiném pracovišti.

Požadavek na takto krátkou pracovní dobu robota vznikl od zákazníka slévárny, neboť požadavek na strojní máčení a sušení jader vznikl pouze u části vyrobených odlitků a nikoli na všechny vyráběné odlitky. U zbytku odlitků je stále prováděno ruční máčení a sušení.

Širší možnost zhodnocení daného zařízení jako celku není v současné době možná, neboť například dimenzování jednotlivých topných těles v pecích a dimenzování velikostí jednotlivých pohonů (oběhové ventilátory, chladicí dopravník a další technologické celky) je součástí práce projektanta navazujících prací. Dimenzování těchto technologických celků není součástí této diplomové práce, zabývající se pouze elektročásti celého zařízení.

Tabulka 13: Rozpočet celého projektu, včetně podružného montážního materiálu

Položkový rozpočet práce**721182**Cena za objekt
celkem [Kč]

Název stavby: **Diplomová práce**
Návrh elektročásti zařízení na máčení a sušení
jader pro tvorbu odlitků

Název PS:
Datum zpracování: **06/2017**

Číslo stavby

Číslo SO
Datum aktualizace:

Poř. číslo pol.	Číslo položky	Název položky	měrná jednotka	množství	jednotková hmotnost	Celková hmotnost	C E N A			
							dodávky		montáže	
							jednotková	celkem	jednotková	celkem
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Díl:	1	Materiál na rozvaděče								
1	R	ELEM MŮSTEK PE 15 ZELENÝ 010	KS	1,00		0,00	21,84	21,84	0,00	0,00
2	R	EST ESKA POJISTKA PŘÍSTROJ 5X20 F 1A/35A 250V RYCHLÁ 520.617	KS	10,00		0,00	2,19	21,90	0,00	0,00
3	R	FI PATICE 93.01.0.024 1P 6-24VAC/DC BO DIN	KS	125,00		0,00	123,93	15491,25	0,00	0,00
4	R	FI PATICE 94.04 55/85/99. 02,2P/4P	KS	15,00		0,00	50,86	762,90	0,00	0,00
5	R	FI RELÉ 34.51.7.024.0010	KS	125,00		0,00	67,52	8440,00	0,00	0,00
6	R	FI RELÉ 55.34.9.024.0040 7A 24VDC 4P	KS	15,00		0,00	62,99	944,85	0,00	0,00
7	R	OEZ JISTIČ LTN-10B-1, 10KA, 41638	KS	1,00		0,00	90,17	90,17	0,00	0,00
8	R	OEZ JISTIČ LTN-2B-1, 10KA, 41634	KS	1,00		0,00	175,12	175,12	0,00	0,00
9	R	OEZ JISTIČ LTN-4D-1, 10KA, 41669	KS	2,00		0,00	216,94	433,88	0,00	0,00
10	R	OEZ JISTIČ LTN-6B-1, 10KA, 41636	KS	2,00		0,00	107,81	215,62	0,00	0,00
11	R	OEZ ZÁSUVKA SOKL MODUL ZSE-06 16A 37291	KS	2,00		0,00	166,97	333,94	0,00	0,00
12	R	P PHASEO ZDROJ SPÍNANÝ ABL8REM24050 OPTIMÁL 1F 230VAC/24VDC 5A 120W	KS	1,00		0,00	2975,13	2975,13	0,00	0,00
13	R	P SAREL SPACIAL SF NSYDPA 4 KAPSA NA DOKUMENTY A4 HL.22	KS	1,00		0,00	121,46	121,46	0,00	0,00
14	R	P SAREL SPACIAL SF NSYSPF 10100 SOKL - PŘED. A ZAD. PANEL 1000/100MM	SADA	1,00		0,00	746,09	746,09	0,00	0,00
15	R	P SAREL SPACIAL SF NSYSPS4100 BOČNICE SOKLU 400/100MM	KS	1,00		0,00	163,59	163,59	0,00	0,00
16	R	P SAREL SPACIAL SM NSYSM2010402DP SKŘÍŇ 2000/1000/400MM 2 DVEŘE MONT PANEL	KS	1,00		0,00	14032,70	14032,70	0,00	0,00
17	R	PAN AIGLOS ZÁŘ. 8W BL-0408B	KS	1,00		0,00	295,54	295,54	0,00	0,00
18	R	WM SVORKA ZDU 2,5/4AN, 1608570000	KS	275,00		0,00	15,50	4262,50	0,00	0,00
19	R	WM SVORKA ZPE 2.5/3AN 1608650000	KS	7,00		0,00	54,74	383,18	0,00	0,00
20	R	ELEM MŮSTEK N 15 MODRÝ 008	KS	1,00		0,00	21,84	21,84	0,00	0,00
21	R	ELEM MŮSTEK PE 15 ZELENÝ 010	KS	2,00		0,00	21,84	43,68	0,00	0,00
22	R	EST ESKA POJISTKA PŘÍSTROJ 5X20 F 1A/35A 250V RYCHLÁ 520.617	KS	10,00		0,00	2,19	21,90	0,00	0,00
23	R	FI PATICE 93.01.0.024 1P 6-24VAC/DC BO DIN	KS	1,00		0,00	123,93	123,93	0,00	0,00
24	R	FI PATICE 93.51.0.240	KS	8,00		0,00	140,81	1126,48	0,00	0,00
25	R	FI PATICE 94.04 55/85/99.02,2P/4P	KS	28,00		0,00	50,86	1424,08	0,00	0,00
26	R	FI RELÉ 34.51.7.024.0010	KS	1,00		0,00	67,52	67,52	0,00	0,00
27	R	FI RELÉ 34.51.7.060.0010	KS	8,00		0,00	105,72	845,76	0,00	0,00
28	R	FI RELÉ 55.34.9.024.0040 7A 24VDC 4P	KS	28,00		0,00	62,99	1763,72	0,00	0,00
29	R	IES SVORKA ENSTO KE 63.2 MODRÁ	KS	1,00		0,00	249,93	249,93	0,00	0,00
30	R	IES SVORKA ENSTO KE 68.3	KS	1,00		0,00	390,30	390,30	0,00	0,00
31	R	OEZ BLOK POHONU RUČ RP-BH-CK21 UZAMYK ŽLUTÝ ŠTÍT 13685	KS	1,00		0,00	1734,28	1734,28	0,00	0,00
32	R	OEZ BLOK SPÍN BH630NE305 14412	KS	1,00		0,00	4552,18	4552,18	0,00	0,00
33	R	OEZ JISTIČ LTN-1,6C-1, 10KA, 41650	KS	1,00		0,00	231,31	231,31	0,00	0,00
34	R	OEZ JISTIČ LTN-10B-1, 10KA, 41638	KS	2,00		0,00	90,17	180,34	0,00	0,00
35	R	OEZ JISTIČ LTN-16C-1, 10KA, 41657	KS	1,00		0,00	115,01	115,01	0,00	0,00
36	R	OEZ JISTIČ LTN-25C-3, 10KA, 41791	KS	1,00		0,00	488,10	488,10	0,00	0,00
37	R	OEZ JISTIČ LTN-2B-1, 10KA, 41634	KS	5,00		0,00	175,12	875,60	0,00	0,00
38	R	OEZ JISTIČ LTN-2C-2, 10KA, 41734	KS	1,00		0,00	481,57	481,57	0,00	0,00
39	R	OEZ JISTIČ LTN-32B-3, 10KA, 41775	KS	8,00		0,00	490,06	3920,48	0,00	0,00
40	R	OEZ JISTIČ LTN-4B-1, 10KA, 41635	KS	1,00		0,00	152,24	152,24	0,00	0,00
41	R	OEZ JISTIČ LTN-6B-1, 10KA, 41636	KS	1,00		0,00	107,81	107,81	0,00	0,00

42	R	OEZ KONTAKT POMOC PS-SM-B11 1Z+1VBOČNÍ 37927	KS	9,00		0,00	85,82	772,38	0,00	0,00
43	R	OEZ KONTAKT POMOC. PS-LT-1100, 1Z+1V, 42297	KS	8,00		0,00	189,49	1515,92	0,00	0,00
44	R	OEZ KRYT SVOREK OD-BH-KS03 3PÓL IP20 13531	KS	2,00		0,00	456,26	912,52	0,00	0,00
45	R	OEZ LOŽISKO POHONU RUČ RP-BHD-CN41 37247	KS	1,00		0,00	698,85	698,85	0,00	0,00
46	R	OEZ NÁSTAVEC PŘIPOJ CS-FH000-3NP95 SADA 3KS 13740	KS	1,00		0,00	426,54	426,54	0,00	0,00
47	R	OEZ ODPÍNAČ POJ VÁLC OPVP10-1 32A 1PÓL POLOVOD 41013	KS	8,00		0,00	57,83	462,64	0,00	0,00
48	R	OEZ ODPÍNAČ POJ VÁLC OPVP10-3 32A 3PÓL POLOVOD 41015	KS	3,00		0,00	185,56	556,68	0,00	0,00
49	R	OEZ ODPÍNAČ POJ VÁLC OPVP22-3 125A 3PÓL POLOVOD 41037	KS	1,00		0,00	619,33	619,33	0,00	0,00
50	R	OEZ POJISTKA VÁLC PV10 16A GG 500V 10X38 06703	KS	10,00		0,00	15,95	159,50	0,00	0,00
51	R	OEZ POJISTKA VÁLC PV22 125A GG 500V 22X58 18271	KS	5,00		0,00	46,24	231,20	0,00	0,00
52	R	OEZ POJISTKA VÁLC PVA10 10A GG 10X38 40752	KS	10,00		0,00	15,95	159,50	0,00	0,00
53	R	OEZ SADA PŘIPOJ CS-BH-B014 BLOK SVORKY 3KS 20121	KS	1,00		0,00	2335,14	2335,14	0,00	0,00
54	R	OEZ SADA PŘIPOJ CS-BH-B021 BLOK SVORKY DVOJ 3KS 24781	KS	1,00		0,00	1718,22	1718,22	0,00	0,00
55	R	OEZ SPOUŠŤ NADPROUD SE-BH-0400-DTV3 DISTRIB 25200	KS	1,00		0,00	5054,24	5054,24	0,00	0,00
56	R	OEZ SPOUŠŤEČ MOTOR SM123-12 9-12A 37910	KS	4,00		0,00	821,89	3287,56	0,00	0,00
57	R	OEZ SPOUŠŤEČ MOTOR SM123-4 2,8-4A 37907	KS	5,00		0,00	717,90	3589,50	0,00	0,00
58	R	P HARMONY HLAVICE TLAČ ZB5AC4 HŘÍB 40MM ČERVENÁ	KS	1,00		0,00	140,03	140,03	0,00	0,00
59	R	P HARMONY JEDNOTKA SPÍN ZB5AZ104 2V	KS	1,00		0,00	110,98	110,98	0,00	0,00
60	R	P HARMONY OVLADAČ XB5AW33B5 STISK PROSVĚT 1Z+1V LED 24VAC/DC KOMPLET ZELENÁ	KS	1,00		0,00	307,16	307,16	0,00	0,00
61	R	P HARMONY ŠTÍTEK ZBY9101 KRUH 60MM ŽLUTÁ	KS	1,00		0,00	26,46	26,46	0,00	0,00
62	R	P HARMONY HLAVICE TLAČ ZB5AS844 HŘÍB 40MM ARET ČERVENÁ	KS	1,00		0,00	204,55	204,55	0,00	0,00
63	R	P HARMONY SKŘÍŇKA OVLÁD XALK178F 2V NOUZ ZAST	KS	5,00		0,00	499,44	2497,20	0,00	0,00
64	R	P PREVENTA XPSAC5121 MODUL BEZP 24VAC/VDC	KS	1,00		0,00	2244,37	2244,37	0,00	0,00
65	R	P SAREL CLIMASYS NSYCCOTHO TERMOSTAT 0-60°C 1Z 250VAC 10A (S87562)	KS	1,00		0,00	310,94	310,94	0,00	0,00
66	R	P SAREL SPACIAL SF NSYDPA4 KAPSA NA DOKUMENTY A4 HL.22	KS	1,00		0,00	121,46	121,46	0,00	0,00
67	R	P SAREL SPACIAL SF NSYSPF16100 SOKL - PŘED. A ZAD. PANEL 1600/100MM	SADA	1,00		0,00	1102,20	1102,20	0,00	0,00
68	R	P SAREL SPACIAL SF NSYSPS4100 BOČNICE SOKLU 400/100MM	KS	1,00		0,00	163,59	163,59	0,00	0,00
69	R	P SAREL SPACIAL SM NSYSM2016402DP SKŘÍŇ 2000/1600/400MM 2 DVEŘE MONTANEL	KS	1,00		0,00	21680,29	21680,29	0,00	0,00
70	R	P TESYS STYKAČ LC1D09P7 3P 9A 1Z + 1V 230VAC	KS	5,00		0,00	316,18	1580,90	0,00	0,00
71	R	P TESYS STYKAČ LC1D183P7 3P 18A 1Z + 1V 230V 50/60HZ PRUŽ SVORKY	KS	4,00		0,00	662,06	2648,24	0,00	0,00
72	R	P TESYS STYKAČ LC1D32P7 3P 32A 1Z+1V 230VAC	KS	8,00		0,00	913,72	7309,76	0,00	0,00
73	R	PAN AIGLOS ŽÁŘ. 8W BL-0408B	KS	2,00		0,00	295,54	591,08	0,00	0,00
74	R	PROWATT IZOLATOR PA50M10	KS	1,00		0,00	67,82	67,82	0,00	0,00
75	R	RUZ TRAFO JOT400 PRIM:415V, SEK:230VT40/B IP20	KS	1,00		0,00	1434,38	1434,38	0,00	0,00
76	R	SAL SVODIČ SLP-275 V/4, TYP2, 4X20KA, 230VAC, 4PÓL	KS	1,00		0,00	1762,35	1762,35	0,00	0,00
77	R	SM ER-UD 400A 569050	KS	3,00		0,00	756,96	2270,88	0,00	0,00
78	R	SR IUKN450 FILTR VÝSTUPNÍ PFA4000 IP54	KS	1,00		0,00	580,30	580,30	0,00	0,00
79	R	SR IUKNF5523A VENTILÁTOR PF43000 IP54 230V AC	KS	1,00		0,00	2302,34	2302,34	0,00	0,00
80	R	WM SVORKA EK 4/35 ZEL.ŽL. , 0661160000	KS	1,00		0,00	33,45	33,45	0,00	0,00
81	R	WM SVORKA EK 6/35 ZEL.ŽL. , 0661260000	KS	8,00		0,00	32,67	261,36	0,00	0,00
82	R	WM SVORKA SAK 6/EN BÉŽOVÁ, 0212860000	KS	24,00		0,00	11,31	271,44	0,00	0,00
83	R	WM SVORKA SAK 4/EN BÉŽOVÁ, 0467460000	KS	3,00		0,00	8,29	24,87	0,00	0,00
84	R	WM SVORKA ZDU 2,5/4AN, 1608570000	KS	166,00		0,00	15,50	2573,00	0,00	0,00
85	R	FI LIŠTA PROPOJ. 093.20	KS	30,00		0,00	36,42	1092,60	0,00	0,00
86	R	GP DUTINKA DI 0,75- 8	KS	1500,00		0,00	0,20	300,00	0,00	0,00
87	R	GP DUTINKA DI 1,50- 8 Č	KS	500,00		0,00	0,20	100,00	0,00	0,00
88	R	GP DUTINKA DI 95,00-25	KS	25,00		0,00	12,85	321,25	0,00	0,00
89	R	GP DUTINKA DID 6,00-14	KS	100,00		0,00	2,54	254,00	0,00	0,00
90	R	KV H05V-K 0,75 RUDÁ (CYA)	M	200,00		0,00	2,00	400,00	0,00	0,00

91	R	KV H05V-K 0,75 SVĚTLEMODRÁ (CYA)	M	200,00		0,00	2,00	400,00	0,00	0,00
92	R	KV H05V-K 0,75 TMAVĚMODRÁ (CYA)	M	700,00		0,00	2,00	1400,00	0,00	0,00
93	R	KV H07V-K 2,5 ČERNÁ (CYA)	M	100,00		0,00	5,31	531,00	0,00	0,00
94	R	KV H07V-K 2,5 SVĚTLEMODRÁ (CYA)	M	100,00		0,00	5,31	531,00	0,00	0,00
95	R	KV H07V-K 35 SVĚTLEMODRÁ (CYA)	M	2,00		0,00	69,62	139,24	0,00	0,00
96	R	SM I-T1E 100X60 G (ŠxV) 01140	M	2,00		0,00	102,28	204,56	0,00	0,00
97	R	WM BOČNICE ODD. TW SAK ,4-10 BÉŽOVÁ, 0130160000	KS	40,00		0,00	3,35	134,00	0,00	0,00
98	R	WM BOČNICE ZAP/TW 1 BÉŽOVÁ, 1608740000	KS	60,00		0,00	6,45	387,00	0,00	0,00
99	R	WM BOČNICE ZAP/TW 3BÉŽOVÁ, 1608800000	KS	30,00		0,00	7,03	210,90	0,00	0,00
100	R	WM SVORKA ZDU 2,5, 1608510000	KS	70,00		0,00	10,07	704,90	0,00	0,00
101	R	WM ŠTÍTEK DEK 5 FWZ 1-10, 0523060001	KS	250,00		0,00	0,63	157,50	0,00	0,00
102	R	GP DUTINKA DI 0,25- 8	KS	1000,00		0,00	0,53	530,00	0,00	0,00
103	R	GP DUTINKA DI 6,00-12	KS	100,00		0,00	0,60	60,00	0,00	0,00
104	R	GP DUTINKA DI 150,00-32	KS	10,00		0,00	15,45	154,50	0,00	0,00
105	R	GP DUTINKA DID 4,00-12	KS	100,00		0,00	2,00	200,00	0,00	0,00
106	R	KV H07V-K 6 ČERNÁ (CYA)	M	100,00		0,00	13,06	1306,00	0,00	0,00
107	R	KV H07V-K 25 ČERNÁ (CYA)	M	1,00		0,00	49,88	49,88	0,00	0,00
108	R	KV NSGAFOU 1X150 1,8/3KV	M	1,00		0,00	294,22	294,22	0,00	0,00
109	R	OEZ SADA PŘÍPOJ CS-BH-B021 BLOK SVORKY DVOJ 3KS 24781	KS	1,00		0,00	1718,22	1718,22	0,00	0,00
110	R	WM SVORKA ZDU 2,5/4AN , 1608570000	KS	50,00		0,00	15,50	775,00	0,00	0,00
111	R	WM BOČNICE ZAP/TW 3BÉŽOVÁ, 1608800000	KS	40,00		0,00	7,03	281,20	0,00	0,00
112	R	WM SVORKA ZDU 2,5/4AN , 1608570000	KS	20,00		0,00	15,50	310,00	0,00	0,00
113	R	WM ZAP/TW ZDU/ZPE 2.5N/4AN 1933810000	KS	7,00		0,00	5,28	36,96	0,00	0,00
114	R	WM SVORKA ZPE 2,5/4AN ZEL.ŽL., 1608660000	KS	7,00		0,00	65,89	461,23	0,00	0,00
115	R	OEZ JISTIČ LTN-13D-3, 10KA, 41805	KS	1,00		0,00	541,68	541,68	0,00	0,00
116	R	DK VIDLICE IVN 3253	KS	1,00		0,00	67,74	67,74	0,00	0,00
117	R	DK ZASUVKA IZN 3253	KS	1,00		0,00	102,08	102,08	0,00	0,00
118	R	G GW44118 KRABICE NA OM. 240X190X130, IP56	KS	2,00		0,00	268,43	536,86	0,00	0,00
119	R	G GW44206 KRABICE NA OM. 150X110X 70, IP56	KS	1,00		0,00	53,91	53,91	0,00	0,00
120	R	G GW44207 KRABICE NA OM. 190X140X 70, IP56	KS	1,00		0,00	105,96	105,96	0,00	0,00
121	R	P HARMONY HLAVICE OTOČ ZB5AG2 2POZ KLÍČ 455	KS	1,00		0,00	334,90	334,90	0,00	0,00
122	R	P HARMONY HLAVICE TLAČ ZB5AC2 HŘIB 40MM ČERNÁ	KS	1,00		0,00	140,03	140,03	0,00	0,00
123	R	P HARMONY HLAVICE TLAČ ZB5AS844 HŘIB 40MM ARET ČERVENÁ	KS	1,00		0,00	204,55	204,55	0,00	0,00
124	R	P HARMONY HLAVICE TLAČ ZB5AW363 PROSVĚT LED LÍC MODRÁ	KS	1,00		0,00	94,21	94,21	0,00	0,00
125	R	P HARMONY JEDNOTKA SPÍN ZB5AZ102 1V	KS	2,00		0,00	66,46	132,92	0,00	0,00
126	R	P HARMONY KONTAKT SPÍN ZENL1111 1Z	KS	2,00		0,00	62,59	125,18	0,00	0,00
127	R	P HARMONY OBJÍMKA SIG ZALVB6 LED 24VAC/DC MODRÁ	KS	1,00		0,00	122,60	122,60	0,00	0,00
128	R	P HARMONY OVLADAČ XB5AA21 STISK 1Z KOMPLET ČERNÁ	KS	1,00		0,00	122,60	122,60	0,00	0,00
129	R	P HARMONY OVLADAČ XB5AD33 OTOČ 3POZ 2Z KOMPLET	KS	2,00		0,00	215,53	431,06	0,00	0,00
130	R	P HARMONY OVLADAČ XB5AW33B5 STISK PROSVĚT 1Z+1V LED 24VAC/DC KOMPLET ZELENÁ	KS	1,00		0,00	307,16	307,16	0,00	0,00
131	R	P HARMONY SIGNÁLKA XB5AVB4 LED 24VAC/DC KOMPLET ČERVENÁ	KS	1,00		0,00	183,26	183,26	0,00	0,00
132	R	P HARMONY SKŘÍŇKA OVLÁD XALD01 PRÁZDNÁ 1X OTVOR	KS	1,00		0,00	171,00	171,00	0,00	0,00
133	R	P HARMONY SKŘÍŇKA OVLÁD XALD02 PRÁZDNÁ 2X OTVOR	KS	1,00		0,00	225,85	225,85	0,00	0,00
134	R	WAP VÝVODKA MV-12 S MATICÍ M12 IP68, SV.ŠEDÁ	KS	90,00		0,00	4,38	394,20	0,00	0,00
135	R	WAP VÝVODKA MV-20 S MATICÍ M20 IP68, SV.ŠEDÁ	KS	30,00		0,00	6,46	193,80	0,00	0,00
136	R	WAP VÝVODKA MV-25 S MATICÍ M25 IP68, SV.ŠEDÁ	KS	10,00		0,00	9,95	99,50	0,00	0,00
137	R	WM BOČNICE ODD. TW SAK ,4-10 BÉŽOVÁ, 0130160000	KS	8,00		0,00	3,35	26,80	0,00	0,00
138	R	WM BOČNICE ZAP/TW 1 BÉŽOVÁ, 1608740000	KS	10,00		0,00	6,45	64,50	0,00	0,00
139	R	WM PROPOJKA ZQV 2.5/2 ŽLUTÁ, 1608860000	KS	4,00		0,00	5,17	20,68	0,00	0,00
140	R	WM PROPOJKA ZQV 2.5/3 ŽLUTÁ, 1608870000	KS	10,00		0,00	10,23	102,30	0,00	0,00
141	R	WM PROPOJKA ZQV 2.5/4 ŽLUTÁ, 1608880000	KS	3,00		0,00	16,69	50,07	0,00	0,00
142	R	WM PROPOJKA ZQV 2.5/5 ŽLUTÁ, 1608890000	KS	12,00		0,00	19,14	229,68	0,00	0,00

143	R	WM PROPOJKA ZQV 2.5/6 ŽLUTÁ, 1608900000	KS	3,00		0,00	27,83	83,49	0,00	0,00
144	R	WM PROPOJKA ZQV 2.5/8 ŽLUTÁ, 1608920000	KS	3,00		0,00	38,83	116,49	0,00	0,00
145	R	WM SVORKA SAK 2.5/EN BÉŽOVÁ, 0218660000	KS	100,00		0,00	7,18	718,00	0,00	0,00
146	R	WM SVORKA SAK 6/EN BÉŽOVÁ, 0212860000	KS	32,00		0,00	10,61	339,52	0,00	0,00
147	R	WM SVORKA ZDU 2,5, 1608510000	KS	190,00		0,00	10,07	1913,30	0,00	0,00
148	R	WM SVORKA ZPE 2,5 ZEL.ŽL., 1608640000	KS	15,00		0,00	34,37	515,55	0,00	0,00
149	R	P SAREL SPACIAL S3D NSYSBM303012 SKŘÍŇ 300/300/120MM	KS	1,00		0,00	653,78	653,78	0,00	0,00
150	R	P SAREL SPACIAL S3D NSYSBM404012 SKŘÍŇ 400/400/120MM	KS	1,00		0,00	853,08	853,08	0,00	0,00
151	R	G GW44206 KRABICE NA OM. 150X110X 70, IP56	KS	23,00		0,00	53,91	1239,93	0,00	0,00
152	R	G GW44206 KRABICE NA OM. 150X110X 70, IP56	KS	2,00		0,00	53,91	107,82	0,00	0,00
153	R	P HARMONY KONTAKT SPÍN ZENL1111 1Z	KS	1,00		0,00	62,59	62,59	0,00	0,00
154	R	WM SVORKA EW 35 KONCOVÁ, 0383560000	KS	50,00		0,00	8,42	421,00	0,00	0,00
155	R	MĚNIČ M200-02-4-00041-A-1,5KW	KS	1,00		0,00	6300,00	6300,00	0,00	0,00
156	R	FILTR 4200-2005, M100..400/02,400V, 3F	KS	1,00		0,00	910,00	910,00	0,00	0,00
157	R	MĚNIČ M200-01-2-00042-A-0,75KW	KS	9,00		0,00	3200,00	28800,00	0,00	0,00
158	R	FILTR 4200-1000, M100..400/01,ALL, 1F	KS	9,00		0,00	600,00	5400,00	0,00	0,00
159	R	MĚNIČ M200-03-4-00056-A-2,2KW	KS	3,00		0,00	7500,00	22500,00	0,00	0,00
160	R	FILTR 4200-3008, M100..400/03,400V,3F	KS	3,00		0,00	990,00	2970,00	0,00	0,00
161	R	AI-485 ADAPTOR	KS	13,00		0,00	200,00	2600,00	0,00	0,00
162	R	2 kanálová jednotka RS232/RS422/RS485	KS	1,00		0,00	10098,09	10098,09	0,00	0,00
163	R	Kabel pro připojení "zprava doprava", 305mm	KS	1,00		0,00	2420,78	2420,78	0,00	0,00
164	R	Zakončovací krytka - levá	KS	1,00		0,00	636,27	636,27	0,00	0,00
165	R	2 kanálová jednotka rychlého čítače 1MHz	KS	1,00		0,00	12956,91	12956,91	0,00	0,00
166	R	4 kanálová analogová vstupní jednotka proud/napětí	KS	1,00		0,00	7054,83	7054,83	0,00	0,00
167	R	32 bodová 24 VDC vstupní jednotka	KS	5,00		0,00	6109,58	30547,88	0,00	0,00
168	R	Complgx DualEth. port/USB,2MB,32 I/O nódů, rozšíření až 16x 1769	KS	1,00		0,00	45418,35	45418,35	0,00	0,00
169	R	32 bodová 24 VDC výstupní jednotka se společnou zemí	KS	3,00		0,00	7423,71	22271,13	0,00	0,00
170	R	Napájecí zdroj, 120/240V AC, 2A při 5V DC out	KS	1,00		0,00	3942,41	3942,41	0,00	0,00
171	R	Napájecí zdroj 120/240V AC , 4A při 5VDC, 2A při 24VDC	KS	1,00		0,00	6570,68	6570,68	0,00	0,00
172	R	PanelView Plus 7 Standard 400,dotyk,Ethernet,DC	KS	1,00		0,00	11821,12	11821,12	0,00	0,00
173	R	PanelView Plus 7 Standard 600,dotyk,Ethernet,DC	KS	1,00		0,00	16645,18	16645,18	0,00	0,00
174	R	Modbus Serial Lite Communication Module (1x ModBus)	KS	1,00		0,00	13904,55	13904,55	0,00	0,00
175	R	PROFIBUS DPV1 Master for CompactLogix	KS	1,00		0,00	22299,75	22299,75	0,00	0,00
176	R	Studio5000 Lite (Ladder+FBD+ST+SFC) pro	KS	1,00		0,00	34132,00	34132,00	0,00	0,00
177	R	FactoryTalk STUDIO FOR MACHINE EDITION	KS	1,00		0,00	14522,53	14522,53	0,00	0,00
178	R	IES-180B:Ethernet switch s 8 x 10/100 Base- TX porty	KS	1,00		0,00	2800,00	2800,00	0,00	0,00
179	R	WE64721075	KS	1,00		0,00	750,72	750,72	0,00	0,00
180	R	WE64751075	KS	1,00		0,00	750,72	750,72	0,00	0,00
181	R	WE64731075	KS	1,00		0,00	750,72	750,72	0,00	0,00
182	R	WE64711075	KS	1,00		0,00	750,72	750,72	0,00	0,00
183	R	WE64587075	KS	1,00		0,00	1078,08	1078,08	0,00	0,00
184	R	WE64080000	KS	1,00		0,00	547,20	547,20	0,00	0,00
185	R	WE96000002	KS	1,00		0,00	287,04	287,04	0,00	0,00
S	Celkem za 1	Materiál na rozvaděče				0,000		502 043,27		0,00
Díl:	2	Materiál na kabelové trasy a kabely								
186	R	ARK DRŽÁK DZM 1 - GZ	KS	14,00		0,00	33,44	468,16	0,00	0,00
187	R	ARK DRŽÁK DZM 9	KS	40,00		0,00	38,22	1528,80	0,00	0,00
188	R	ARK MATICE M6 LÍMCOVÁ (PODLOŽKOVÁ) ZINEK (1 BAL. = 100KS)	BAL	1,00		0,00	30,25	30,25	0,00	0,00
189	R	ARK NOSNÍK MERKUR NZM 200 - GZ	KS	10,00		0,00	58,12	581,20	0,00	0,00
190	R	ARK NOSNÍK MERKUR NZM 50 - GZ	KS	30,00		0,00	30,65	919,50	0,00	0,00
191	R	ARK PODPĚRA PZM 200 - GZ	KS	30,00		0,00	37,03	1110,90	0,00	0,00
192	R	ARK PODPĚRA PZM 400 - GZ	KS	10,00		0,00	54,94	549,40	0,00	0,00
193	R	ARK SPOJKA SZM 1 - GZ	KS	90,00		0,00	9,95	895,50	0,00	0,00

194	R	ARK SPOJKA SZM 4 - GZ	KS	20,00		0,00	9,95	199,00	0,00	0,00
195	R	ARK ŽLAB MERKUR 2 50X50 2M GAL.ZINEK	KS	20,00		0,00	106,70	2134,00	0,00	0,00
196	R	ARK ŽLAB MERKUR 2 200X50 2M GAL.ZINEK	KS	18,00		0,00	195,08	3511,44	0,00	0,00
197	R	ARK ŽLAB MERKUR 2 400X100 2M GAL.ZINEK	KS	5,00		0,00	476,16	2380,80	0,00	0,00
198	R	BEC SVORKOVNICE EPS 4 C S KRYTEM	KS	5,00		0,00	84,42	422,10	0,00	0,00
199	R	KO KOLENO 4120 KB PVC ŠEDÁ	KS	20,00		0,00	7,89	157,80	0,00	0,00
200	R	KO PŘÍCHYTKA 5320 KB PRO TR PLAST ŠEDÁ	KS	100,00		0,00	1,51	151,00	0,00	0,00
201	R	KO SPOJKA 0220 KB PRO TR PLAST ŠEDÁ	KS	50,00		0,00	3,32	166,00	0,00	0,00
202	R	KO TRUBKA OHEB 1420 K50 MONOFLEX 320N 20/14, 1MM 50M SV ŠEDÁ	M	200,00		0,00	2,57	514,00	0,00	0,00
203	R	KO TRUBKA TUHÁ 1520 KA 320N 20/17, 4MM 3M ŠEDÁ	M	30,00		0,00	5,89	176,70	0,00	0,00
204	R	KV CYKY-J 3 X 1,5 (C)	M	300,00		0,00	9,47	2841,00	0,00	0,00
205	R	KV CYKY-J 3 X 2,5 (C)	M	5,00		0,00	15,36	76,80	0,00	0,00
206	R	KV CYKY-J 4 X 1,5 (B)	M	100,00		0,00	14,68	1468,00	0,00	0,00
207	R	KV CYKY-J 4 X 2,5 (B)	M	100,00		0,00	23,74	2374,00	0,00	0,00
208	R	KV CYKY-J 4 X 4 (B)	M	15,00		0,00	37,52	562,80	0,00	0,00
209	R	KV CYKY-J 4 X 6 (B)	M	120,00		0,00	55,35	6642,00	0,00	0,00
210	R	KV CYKY-J 5 X 1,5 (C)	M	45,00		0,00	15,64	703,80	0,00	0,00
211	R	KV H05W-F 3G X 1,5 BÍLÁ (CYSY)	M	50,00		0,00	10,97	548,50	0,00	0,00
212	R	KV H05W-F 4G X 1,5 BÍLÁ (CYSY)	M	5,00		0,00	14,54	72,70	0,00	0,00
213	R	KV H07V-K 6 ŽLUTO/ZELENÁ (CYA)	M	150,00		0,00	13,11	1966,50	0,00	0,00
214	R	KV JYTY-O 2 X 1 (D)	M	300,00		0,00	5,66	1698,00	0,00	0,00
215	R	KV JYTY-O 7 X 1 (D)	M	600,00		0,00	15,50	9300,00	0,00	0,00
216	R	KV JYTY-O 14 X 1 (D)	M	200,00		0,00	29,08	5816,00	0,00	0,00
217	R	YCY-JZ 4x1,5	M	250,00		0,00	32,90	8225,00	0,00	0,00
218	R	TPE-FLEX-C 7x1,5	M	15,00		0,00	129,80	1947,00	0,00	0,00
S	Celkem za 2	Materiál na kabelové trasy a kabely				0,000		60 138,65		0,00
Díl:	3	Montáže a výroba								
219	R	Výroba rozvaděčů	HOD	350,00		0,00	0,00	0,00	300,00	105000,00
220	R	Montáž kabelových tras a připojení kabelů	HOD	180,00		0,00	0,00	0,00	300,00	54000,00
S	Celkem za 3	Montáže a výroba				0,000		0,00		159 000,00

7 ZÁVĚR

V této diplomové práci jsem řešil návrh linky na máčení a sušení jader pro tvorbu odlitků ve slévárně ve Velké Británii a zpracoval jsem úplnou projektovou dokumentaci. V této slévárně se vyrábějí brzdové kotouče pro automobilový průmysl a uvedená jádra slouží k výrobě těchto kotoučů.

V teoretické části diplomové práce jsem se soustředil na zpracování zjednodušeného znázornění důležitého odvětví těžkého průmyslu – slévárenství. Dále jsou zde popsány jednotlivé stupně kvalifikace pracovníků v elektrotechnice dle vyhlášky č. 50/1978 Sb. a je zde popsán systém technických norem ČSN, včetně srovnání s Britským systémem norem (British Standards). Teoretická část rovněž obsahuje výběr norem, podle kterých by mělo být postupováno při projektování zařízení. Uvedena je zde i kapitola věnovaná dimenzování vedení a jeho jistění. Je představen výpočtový program Sichr, který slouží k ověření správnosti návrhu vedení a jistění.

Ve druhé praktické části je řešen samotný návrh této linky. V krátkosti je představena slévárna a její činnost. V blokovém schématu je naznačen princip celé navrhované linky. Na blokové schéma navazuje technický popis linky, včetně výpisu jednotlivých zařízení a specifikace řídicího systému.

Výpočtovým programem SICHr je ověřena správnost dimenzování vedení a jistění jednotlivých silových vývodů a je dimenzován přírodní kabel k hlavnímu silovému rozvaděči. V rámci tvorby projektové dokumentace je neoddělitelnou přílohou této diplomové práce technická zpráva, kompletní výkresová dokumentace obsahující detailní schémata zapojení, výkresy vyznačující umístění jednotlivých zařízení a vedení kabelů v kabelových trasách. Výkresová dokumentace je vytvořena v programu PCSchematic a obsahuje také znázornění jednotlivých rozvaděčů a znázornění jednotlivých přepojovacích skříněk. V příloze diplomové práce jsou jednotlivé výpisy materiálu, kabelová listina, výpis signálů a povelů z navazující technologie linky a soupis prací.

V závěru diplomové práce je řešen orientační rozpočet elektročásti projektovaného zařízení a jsou vysvětleny důvody pro takto rozsáhlou investici. Na konkrétních číslech je doložena orientační cena materiálu, výroby rozvaděčů a přepojovacích skříněk a je doloženo orientační ekonomické zefektivnění celého procesu výroby natřených jader pro tvorbu odlitků.

LITERATURA

- [1] DVOŘÁK, M. Technologie tváření, plošné a objemové tváření. Brno: Akademické nakladatelství CERM. ISBN – 80 – 214 - 2340 –4.
- [2] DVOŘÁK, M. Technologie II. Brno: Akademické nakladatelství CERM. ISBN – 80 – 214 - 2032 –4.
- [3] VÍŠEK, J. a JENÍČEK, V. Nauka o materiálu III, svazek 2. Praha: Nakladatelství ČSAV, 1962.
- [4] OTÁHALOVÁ, H. Výroba železných kovů I (pro 2. a 3. ročník středních odborných učilišť). Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1985. str. 364.
- [5] TARABA, J. elportal. is.muni. [Online] 2007. [Citace: 6. 12 2016.] Dostupné z. <http://is.muni.cz/elportal/estud/prif/ps07/taraba/pdf/zelezo.pdf>.
- [6] ocelarna:poldi. poldi. [Online] Poldi, 2009. [Citace: 6. 12 2016.] Dostupné z. <http://www.poldi.cz/ocelarna>.
- [7] Solid Team s.r.o. Elektro v praxi 6 Projekce a konstrukce elektro. Olomouc: autor neznámý, 2014.
- [8] vyhlaska50a1978:revex. Revex. [Online] 2. 9 2010. [Citace: 31. 12 2016.] <http://www.revex.cz/vyhlaska50a1978.htm>.
- [9] urad/co-je-to-technicka-norma:unmz. unmz. [Online] 1. 1 2017. [Citace: 1. 1 2017.] <http://www.unmz.cz/urad/co-je-to-technicka-norma->.
- [10] elearning/360/technicke-predpisy/informace-o-tvorbe-norem. skolatextilu. [Online] 2016. [Citace: 1. 1 2017.] <http://www.skolatextilu.cz/elearning/367/technicke-predpisy/Informace-o-tvorbe-norem-CSN.html>.
- [11] jak-zacit. csnonline.unmz. [Online] 2017. [Citace: 1. 1 2017.] <https://csnonline.unmz.cz/jak-zacit.aspx>.
- [12] elearning/367/technicke-predpisy/technicke-normy-uvod. skolatextilu. [Online] 2016. [Citace: 1. 1 2017.] <http://www.skolatextilu.cz/elearning/360/technicke-predpisy/technicke-normy-uvod.html>.
- [13] urad/prehlrub:unmz. unmz. [Online] 1. 1 2017. [Citace: 1. 1 2017.] <http://www.unmz.cz/urad/prehlrub.asp?cd=45&typ=c>.
- [14] parser/go:profesis. profesis. [Online] 2015. [Citace: 1. 1 2017.] <http://www.profesis.cz/parser/go/4c7a692f314e32397039524d64754c36595777614c44534a2b4a45437664584759464541777730626b6a383d>.
- [15] vysledky. csnonline.unmz. [Online] 2017. [Citace: 1. 1 2017.] <https://csnonline.unmz.cz/Vysledky.aspx>.
- [16] vyuka/bakalarske_FMMI/prednasky/15_dimenz_sylab_bc. fei1.vsb. [Online] 2008. [Citace: 1. 1 2017.] http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/Bakalarske_FMMI/Prednasky/15_dimenz_sylab_bc.pdf.

-
- [17] ŠIMEK, D. mod/resource. moodle.vutbr.cz. [Online] 2016. [Citace: 1. 1 2017.] <https://moodle.vutbr.cz/mod/resource/view.php?id=80915>.
- [18] OEZ s.r.o. Sichr: Manuál výpočtového programu [PDF]. [Online] 2016. [Citace: 2. 1 2017.]
- [19] Solid Team s.r.o. Elektro v praxi 1 Právní předpisy, základní normy, silnoproud. Olomouc: autor neznámý, 2015.
- [20] ČSN EN 61439-1 ed.2 Rozvaděče nízkého napětí – Část 1: Všeobecné požadavky
- [21] ČSN EN 61439-2 ed.2 Rozvaděče nízkého napětí – Část 2: Výkonové rozvaděče
- [22] ČSN EN 61439-3 ed.3 Rozvaděče nízkého napětí – Část 3: Rozvodnice určené k provozování laiky (DBO)
- [23] ČSN EN 60204-1 ed.2 Bezpečnost strojních zařízení – Elektrická zařízení strojů – Část 1: Všeobecné požadavky
- [24] ČSN 33 2000-4-41 ed.2 Elektrické instalace nízkého napětí – Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti – Ochrana před úrazem elektrickým proudem
- [25] ČSN 33 2000-4-473 Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení. Část 4: Bezpečnost. Kapitola 47: Použití ochranných opatření pro zajištění bezpečnosti. Oddíl 473: Opatření k ochraně proti nadproudům
- [26] ČSN 33 2000-5-52 ed. 2 Elektrické instalace nízkého napětí – Část 5-52: Výběr a stavba elektrických zařízení – Elektrická vedení
- [27] ČSN 33 2000-5-54 ed. 3 Elektrické instalace nízkého napětí – Část 5-54: Výběr a stavba elektrických zařízení – Uzemnění a ochranné vodiče
- [28] ČSN EN 12464-1 Osvětlení pracovních prostorů – Část 1: Vnitřní pracovní prostory

SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

ΔU	Úbytek napětí
ANSI	Označení amerických národních norem
ASŘ	Automatizovaný systém řízení
BS	Označení britských národních norem
BSI	Britský normalizační institut (British standards institution)
CEN	Evropská komise pro technickou normalizaci
ČKAIT	Česká komora autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě
ČR	Česká republika
ČSN	Česká soustava norem (pouze neoficiální značení, zákonem chráněné výlučné označení je česká technická norma)
ČSNI	Český normalizační institut
DIN	Označení německých národních norem
DSP	Dokumentace stavebního povolení
DSPS	Dokumentace skutečného provedení stavby
DT	Řídící rozvaděč
EU	Evropská unie
EZ	Elektrické zařízení
Hz	Hertz, jednotka frekvence
I	Elektrický proud
I_2	Proud zajišťující zapůsobení ve stanovené době
IBP	Inspektorát bezpečnosti práce
I_{DOV}	Dovolená proudová zatížitelnost vodiče
$I_k^{''}$	Počáteční rázový zkratový proud
I_n	Jmenovitý proud jisticího prvku
I_{NV}	Jmenovitá proudová zatížitelnost vodiče
ITI	Integrovaná technická inspekce, spol. s.r.o.
i_p	Nárazový zkratový proud
I_Z	Dovolené proudové zatížení
JP	Jistící prvek
MaR	Měření a regulace
NF	Označení francouzských národních norem
PD	Přípravná dokumentace
P_i	Instalovaný výkon

PN	Označení polských národních norem
PROFESYS	Profesní informační systém ČKAIT
R	Reálná složka impedance vedení (odpor)
RM	Silový napájecí rozvaděč
SO	Střední odborné vzdělání bez maturitní zkoušky
STN	Označení slovenských národních norem
UNMZ	Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví
ÚSO	Úplné střední odborné vzdělání ukončené maturitní zkouškou
VŠ	Vysokoškolské vzdělání
X	Imaginární složka impedance vedení (reaktance)
ZP	Záměr projektu
β	Součinitel soudobosti
φ	Fázový posun

SEZNAM PŘÍLOH

Součástí této diplomové práce jsou přílohy uložené na vloženém CD:

Příloha 1. Technická zpráva

Příloha 2. Výkresová dokumentace

- Výkresová dokumentace k rozvaděči RM
- Výkresová dokumentace k rozvaděči DT
- Výkresová dokumentace k rozvaděči MS1
- Výkresová dokumentace k rozvaděči MS4
- Výkresová dokumentace k MX, MS2 a MS3
- Výkresová dokumentace k rozmístění zařízení

Příloha 3. Seznam signálů a povelů

Příloha 4. Seznam kabelů

Příloha 5. Seznam použitého materiálu

Příloha 6. Soupis prací